HUMANITAS

ALBERT EINSTEIN

CUM VĂD EU LUMEA

ŞTIINŢĂ ŞI FILOZOFIE

ȘTIINȚĂ ȘI FILOZOFIE

Albert Einstein s-a născut la Ulm în Germania, la 14 martie 1879. A studiat matematică şi fizică la Şcoala Politehnică Federală din Zürich între 1896 şi 1900. În anii 1902—1908 a lucrat ca expert la Oficiul Federal de Patente din Berna şi a publicat lucrări ce au atras atenţia lumii ştiinţifice, printre care prima lucrare despre teoria specială a relativităţii în 1905. În anii 1908—1914 a fost profesor de fizică teoretică la universităţile din Berna, Zürich şi Praga. În 1913 este ales membru al Academiei Prusiene de Ştiinţe şi numit director al Institutului de Fizică al Societăţii „Împăratul Wilhelm" din Berlin, funcţie pe care o păstrează pînă în 1933. După publicarea teoriei generale a relativităţii în anii primului război mondial şi confirmarea uneia dintre predicţiile ei de către expediţia astronomică a Societăţii Regale de Ştiinţe din Londra (1919) devine cel mai cunoscut om de ştiinţă al vremii sale. O dată cu instaurarea regimului naţional-socialist, Einstein îşi dă demisia din Academia Prusiană de Ştiinţe şi părăseşte definitiv Germania, stabilindu-se la Princeton, în Statele Unite ale Americii. În ultima parte a vieţii, Einstein este recunoscut nu numai drept cea mai mare autoritate din fizica teoretică, ci şi ca un mare umanist care încorporează în mod exemplar prin acţiunea lui socială şi culturală, prin luările sale de poziţie în problemele vieţii publice spiritul libertăţii, al justiţiei sociale, respectul pentru demnitatea fiinţei umane. Moare în 18 aprilie 1955, la 76 de ani.

Scrierile de interes general ale lui Einstein sînt reunite în două volume: *Mein Weltbild* (1931) şi *Out of my Later Years* (1950). În 1917, Einstein publică prima expunere a teoriei speciale şi generale a relativităţii „pe înţelesul tuturor".

ALBERT EINSTEIN

CUM VĂD EU LUMEA

O antologie

Selecția textelor:
M. FLONTA, I. PÂRVU
Traducere:
M. FLONTA, I. PÂRVU, D. STOIANOVICI
Note și postfață:
M. FLONTA

HUMANITAS

BUCUREȘTI 1992

Coperta: IOANA DRAGOMIRESCU-MARDARE

ISBN 973-28-0193-X

Cuprins

Nota traducătorilor 9

Autoportret 13

I CUNOAŞTEREA NATURII: PRINCIPII ŞI EVOLUŢIE ISTORICĂ 15

Discurs de recepţie la Academia Prusacă de Ştiinţe (1914) 17

Ernst Mach 22

Principiile cercetării 32

Geometrie şi experienţă 37

Mecanica lui Newton şi influenţa ei asupra evoluţiei fizicii teoretice 46

Johannes Kepler 54

Influenţa lui Maxwell asupra evoluţiei concepţiei despre realitatea fizică 58

Epilog: Un dialog socratic 63

Despre metoda fizicii teoretice 73

Observaţii asupra teoriei cunoaşterii a lui Bertrand Russell 81

II FUNDAMENTELE FIZICII TEORETICE: TEORIA RELATIVITĂŢII ŞI MECANICA CUANTICĂ 89

Ce este teoria relativităţii? 91

Fizica şi realitatea 98

Fundamentele fizicii teoretice 134
Mecanica cuantică şi realitatea 148
Note autobiografice 154
Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum 200
Observaţii preliminare cu privire la conceptele fundamentale 229

III ŞTIINŢĂ ŞI ÎNŢELEPCIUNE: CE TREBUIE SĂ FACEM ŞI CE PUTEM SPERA 235
Cum văd eu lumea? 237
Religie şi ştiinţă 241
Scrisoare către Academia Prusacă de Ştiinţe din 28 martie 1933 .. 246
Scrisoare către Academia Prusacă de Ştiinţe din 5 aprilie 1933 .. 247
Scrisoare către Academia Prusacă de Ştiinţe din 12 aprilie 1933 .. 249
Ştiinţă şi civilizaţie 250
Religiozitatea cercetării 254
Ştiinţă şi societate 256
Despre educaţie 260
Despre libertate 266
Ştiinţă şi religie (I—II) 269
Limbajul comun al ştiinţei 279
De ce socialism? 282
Legile ştiinţei şi legile eticii 290
M. Flonta. Postfaţă, Idealul cunoaşterii şi idealul umanist la Albert Einstein 292

Pe măsură ce științele se emancipează de sub tutela filozofiei, constituindu-se ca discipline autonome, relația dintre filozofie și știință devine ea însăși o problemă filozofică. Supozițiile și concluziile cele mai generale ale cunoașterii științifice sînt în esență de natură filozofică. Într-un fel, de multe ori neaparent, știința începe în filozofie și se varsă în filozofie. Cum spunea mai de mult un autor român, filozofia, în una din ipostazele ei, poate fi caracterizată ca o analiză a primelor supoziții și a ultimelor consecințe ale cunoașterii științifice. Reflecția asupra întemeierii cunoștințelor pozitive, asupra întinderii și valorii lor prezintă în egală măsură interes științific și filozofic. Au întreprins-o, cu deosebire în ultimul secol, chiar dacă din puncte de vedere distincte și cu interese diferite, atît mari creatori de știință, cît și filozofi.

Dacă prezența orizontului filozofic a fost o permanență în momentele de schimbări radicale din istoria științei în știința contemporană asistăm la o mai profundă și constructivă participare a filozoficului în constituirea marilor direcții și programe de cercetare teoretică. Așa cum scria Heidegger, marii creatori ai fizicii atomice, Niels Bohr și Werner Heisenberg, au reușit să revoluționeze știința „numai întrucît au gîndit ca filozofi, deschizînd noi căi pentru formularea problemelor". Sporirea gradului de abstracție și instrumentalizare al științei actuale, complicarea legăturilor ei cu experiența și realitatea au determinat implicarea mai directă a filozofiei în interpretarea demersurilor și a rezultatelor cunoașterii teoretice. Filozofia științei s-a transformat treptat într-un domeniu special de cercetare, care explorează cu metode logice, istorice, psiho-

sociologice, sistemic-informaţionale teme cum ar fi natura şi specificul raţionalităţii ştiinţifice, demersurile de constituire a principalelor forme de organizare a cunoaşterii ştiinţifice, structura lor internă, precum şi mecanismele schimbării ştiinţifice, direcţia şi sensul dezvoltării istorice a cunoaşterii pozitive, relaţia complexă şi subtilă între standardele epistemice şi valorile fundamentale ale culturii.

Colecţia „Ştiinţă şi filozofie" îşi propune să prezinte cititorului român contribuţii dintre cele mai reprezentative pentru acest cîmp deosebit de viu şi animat al vieţii filozofice contemporane. Dorim să cuprindem atît problematica epistemologiei generale, cît şi realizări de referinţă din domeniul filozofiei matematicii, al ştiinţelor teoretice ale naturii, al ştiinţelor sociale şi al ştiinţelor omului. Sîntem dornici să colaborăm cu toţi cei ce sînt în măsură să sprijine realizarea acestor obiective prin informaţii, propuneri, observaţii critice şi participare directă.

Mircea Flonta, Ilie Pârvu

Nota traducătorilor

Culegerea de față reunește texte de interes general scrise de Albert Einstein de-a lungul a patru decenii, începînd din 1914. Aceste scrieri cuprind expuneri ale ideilor sale științifice destinate unui public mai larg, gînduri asupra vieții și operei unor mari cercetători ai naturii; considerații asupra teoriilor fizice fundamentale și asupra direcției dezvoltării viitoare a cunoașterii fizice, precum și asupra naturii cunoașterii științifice și a cunoașterii umane în genere, reflecții asupra sensului existenței, asupra problemelor sociale și morale ale timpului și luări de poziție față de evoluții și evenimente din viața politică. Nu în puține texte se întretaie și se întrepătrund diferite teme din acest univers problematic asupra cărora Einstein a gîndit într-un mod personal întreaga sa viață. Ținînd seama de temele dominante, am grupat în mod oarecum convențional textele în trei mari secțiuni: 1. Cunoașterea naturii: principii și evoluție istorică; 2. Fundamentele fizicii teoretice: teoria relativității și mecanica cuantică; 3. Știință și înțelepciune: ce trebuie să facem și ce putem spera.

Cu o singură excepție *(Despre metoda fizicii teoretice)*, aceste scrieri apar aici pentru prima dată în limba română. În cele mai multe cazuri traducerea a fost realizată după două culegeri, care adună cele mai reprezentative scrieri de interes general din două perioade distincte ale vieții autorului: *Mein Weltbild*, Querido Verlag, Amsterdam, 1934 și *Out of My Later Years*, Philosophical Library, New York, 1950. Pînă în 1933, cînd părăsește Europa, Einstein publică, cu rare excepții, în limba germană. O dată cu strămutarea în Statele Unite multe din scrierile sale apar inițial în engleză. Totuși, Einstein rămîne un scriitor de limbă germană. Din relatările secretarei sale, H. Dukas, se știe că el și-a scris, pînă la sfîrșitul vieții, toate lucrările în germană. Traducerea în engleză a fost realizată fie de alte persoane, fie de Einstein

asistat de unul sau altul din colaboratorii săi. Einstein însuşi se plîngea de calitatea nesatisfăcătoare a unora din traducerile engleze ale textelor sale. Ţinînd seama de această împrejurare am confruntat traducerea românească a textelor care au fost publicate pentru prima dată în engleză cu textele în limba germană cuprinse în culegerea *Aus meinen späten Jahren*, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1984.

Notele de subsol, puţine la număr, din textul lui Einstein, sînt indicate prin asteriscuri şi reproduse în josul paginilor. Notele destinate informării şi orientării cititorului român sînt indicate prin cifre arabe şi aşezate la sfîrşitul fiecărui articol

Iată o listă completă a textelor, cu indicarea titlului original şi a locului primei apariţii. (Majoritatea informaţiilor îşi au sursa în *Bibliografia scrierilor lui Einstein, 1901-1955*, din *Albert Einstein, Philosopher-Scientist*, o lucrare a cărei primă ediţie apare în 1949, sub redacţia lui P.A. Schilpp, în seria *Biblioteca filosofilor în viaţă.*)

Antrittsrede in der Preussischen Akademie der Wiessenschaften, „Sitzungsberichte“, 1914, pp. 739—742.

Ernst Mach, „Physikalische Zeitschrift“, vol. 17, 1916, pp. 101—104.

Prinzipien der Forschung, în vol. *Zu Max Plancks 60. Geburtstag: Ansprachen in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*, Müller, Karlsruhe pp. 29—32.

My Theory, „Times“, London, 28 nov. 1919, p. 13, tradus după originalul german din *Mein Weltbild* apărut sub titlul *Was ist Relativitäts theorie?*

Geometrie und Erfahrung, Springer Verlag, Berlin, 1921.

Newtons Mechanik und ihr Einfluss auf die Gestaltung der theoretischen Physik, „Naturwissenschaften“, vol. 15, 1927, pp. 273—276.

Johannes Kepler, „Frankfurter Zeitung“, 9 nov. 1930, p. 16.

Religion und Wissenschaft, „Berliner Tageblatt“, 11 nov. 1930.

Wie ich die Welt sehe, scris în 1930, publicat sub titlul *What I believe* în *Forum and Century*, vol. 84, Simon and Schuster, New York, 1931, pp. 193—194.

Maxwell's Influence on the Development of the Conception of Physical Reality, în vol. *James Clerk Maxwell: A Commemoration Volume*, Cambridge University Press, Cambridge, 1931, pp. 66—73, tradus după originalul german din *Mein Weltbild.*

Epilogue: A Socratic Dialogue, Interlocutors Einstein and Murphy, în M. Planck, *Where is Science Going*, Norton, New York, 1932, pp. 201—213.

Schreiben an die Preussische Akademie der Wissenschaften, 28. März 1933, în *Albert Einstein in Berlin 1913—1933*, Akademie Verlag, Berlin, 1979, Dokument Nr. 169.

Schreiben an die Preussische Akademie der Wissenschaften, 5. April 1933, Dokument Nr. 181, în același volum.

Schreiben an die Preussische Akademie der Wissenschaften, 12. April 1933, Dokument Nr. 186, în același volum.

On the Method of Theoretical Physics, Clarendon Press, Oxford, 1933.

Science and Civilization, cuvîntare ținută la Londra, publicată sub titlul *Civilization and Science*, „Times", 4 oct. 1933, p. 14.

Die Religiosität der Forschung, în *Mein Weltbild*, 1934.

Science and Society, „Science", Washington, Winter Issue, 1935—1936.

Physik und Realität, „Franklin Institute Journal", vol. 221, 1936, pp. 313—347.

On Education, publicat sub titlul *Some Thoughts concerning Education*, în „School and Society", vol. 44. 1936, pp. 589—592.

Selbstporträt, 1936, publicat în (ed.) C. Fadiman, *I Believe*, Simon & Schuster, New York, 1939.

The Fundaments of Theoretical Physics, „Science", vol. 91, 1940, pp. 487—492.

On Freedom, publicat sub titlul *Freedom and Science*, în (ed.) R. N Anshen, *Freedom: Its Meaning*, Harcourt Brace and Co., New York, 1940, pp. 381—383.

Science and Religion (I—II), partea întîi este textul unei cuvîntări ținută în seminarul teologic din Princeton (mai 1939), partea a doua apare în *Science, Philosophy and Religion; a Symposion*, New York, 1941.

The Common Language of Science, înregistrare radiofonică realizată și difuzată în 1941, publicată în „Advancement of Science", vol. 2 (no. 5), 1942, p. 109.

Remarks on Bertrand Russell's Theory of Knowledge, în (ed.) P. A. Schilpp, *The Philosophy of Bertrand Russell*, Northwestern University, Evanston, 1944, pp. 277—291.

Quantenmechanik und Wirklichkeit, „Dialectica", vol. 2, 1948, pp. 230—234.

Autobiographisches, în (ed.) P. A. Schilpp, *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, Open Court, La Salle, Illinois, 1949.

Bemerkungen zu den in diesem Bande vereinigten Arbeiten, ediţia germană a aceluiaşi volum sub titlul *Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher*, W. Kohlhammer Verlag, Stuttgart, 1955.

Why Socialism?, „Monthley Review", New York, vol. 1, mai 1949, pp. 9—15.

The Laws of Science and the Laws of Ethics, în (ed.) Ph. Frank, *Relativity — A Richer Truth*, Beacon Press, Boston, 1950.

Einleitende Bemerkungen über Grundbegriffe, în *Louis de Broglie. Physicien et penseur*, A. Michel, Paris, 1953.

Autoportret

Noi nu ştim ce este esenţial în propria existenţă personală, iar altuia nu trebuie să-i pese de asta. Ce ştie un peşte despre apa în care înoată întreaga lui viaţă?

Ceea ce a fost amar şi dulce a venit din afară, ceea ce a fost greu dinăuntru, din străduinţa proprie. Am făcut, în principal, ceea ce propria mea natură m-a împins să fac. A fost penibil să primesc pentru aceasta atît de multă preţuire şi dragoste. Şi săgeţi ale urii au fost ţintite spre mine: ele nu m-au atins însă niciodată, deoarece aparţineau întrucîtva unei alte lumi şi cu aceasta nu am nici o legătură.

Trăiesc într o singurătate care este dureroasă în tinereţe, dar minunată în anii maturităţii.

I

CUNOAȘTEREA NATURII: PRINCIPII ȘI EVOLUȚIE ISTORICĂ

DISCURS DE RECEPŢIE LA ACADEMIA PRUSACĂ DE ŞTIINŢE

Mult stimaţi colegi,

Primiţi mai întîi mulţumirile mele profunde pentru fapta dumneavoastră bună, cea mai mare binefacere de care se poate bucura un om ca mine. Invitîndu-mă în Academia dumneavoastră, mi-aţi oferit posibilitatea să mă dedic cu totul cercetărilor ştiinţifice, eliberat de agitaţia şi grijile unei profesiuni practice. Vă rog să rămîneţi convinşi de sentimentele mele de recunoştinţă şi de sîrguinţa strădaniilor mele, chiar şi atunci cînd roadele eforturilor mele vi se vor părea sărăcăcioase.

Îngăduiţi-mi să adaug la toate acestea cîteva observaţii generale cu privire la locul pe care îl ocupă domeniul meu de activitate, fizica teoretică, în raport cu fizica experimentală. Un prieten matematician îmi spunea deunăzi jumătate în glumă, jumătate serios: „Matematicianul ştie desigur ceva, dar, fără îndoială, nu ştie tocmai ceea ce i se cere în momentul respectiv". Exact la fel stau lucrurile cu fizicianul teoretician atunci cînd este solicitat de fizicianul experimentator. De unde vine această curioasă lipsă a capacităţii de adaptare?

Metoda teoreticianului implică faptul că el are nevoie de supoziţii generale, numite *principii*, din care sînt deduse consecinţe. Aşadar, activitatea sa se divide în două părţi. În primul rînd, el trebuie să caute aceste principii şi, în al doilea rînd, să desfăşoare consecinţele ce decurg din principii. Pentru îndeplinirea celei de-a doua dintre sarcinile numite el primeşte în şcoală un echipament potrivit. Dacă prima dintre sarcinile sale este deja îndeplinită într-un anumit domeniu, adică pentru un complex de corelaţii, succesul nu-i

va ocoli de cîte ori silința și rațiunea vor fi îndestulătoare. Prima dintre sarcinile numite, anume aceea de a căuta principiile ce urmează să servească drept bază a deducției, este cu totul de alt fel. Aici nu mai există o metodă ce poate fi învățată și aplicată sistematic, o metodă care conduce la țel. Cercetătorul trebuie mai degrabă să fure oarecum naturii acele principii generale ce pot fi stabilite în mod precis, în măsura în care el deslușește anumite trăsături generale în complexe mai mari de fapte ale experienței.

Odată ce această formulare a fost înfăptuită, începe dezvoltarea consecințelor care furnizează adesea corelații nebănuite, ce depășesc cu mult domeniul de fapte luat în considerare cînd au fost formulate principiile. Dar atîta timp cît principiile ce servesc drept bază a deducției nu au fost încă găsite, teoreticianului nu-i folosește faptul de experiență singular; el nu poate să facă nimic nici măcar cu regularități mai generale descoperite empiric. El trebuie mai degrabă să rămînă într-o stare de neputință în fața rezultatelor cercetării empirice pînă cînd ajunge în posesia principiilor care pot forma baza unor dezvoltări deductive [1].

Aceasta este situația în care se află astăzi teoria în raport cu legile radiației termice și ale mișcării moleculare la temperaturi joase. Pînă acum vreo cincisprezece ani nu se punea încă la îndoială posibilitatea unei reprezentări corecte a însușirilor electrice, optice și termice ale corpurilor pe baza mecanicii galileo-newtoniene aplicate mișcărilor moleculare și a teoriei maxwelliene a cîmpului electromagnetic. Atunci Planck a arătat că, pentru formularea unei legi a radiației termice, care să fie în acord cu experiența, trebuie să ne folosim de o metodă de calcul a cărei incompatibilitate cu principiile mecanicii clasice a devenit tot mai clară. Cu această metodă de calcul, Planck a introdus așa-numita ipoteză a cuantelor în fizică, care a cunoscut de atunci confirmări strălucite. Cu această ipoteză a cuantelor el a răsturnat mecanica clasică pentru cazul în care mase destul de mici, cu viteze destul de mici, sînt mișcate cu accelerații destul de mari, astfel încît astăzi putem considera legile de mișcare formulate de Galilei și Newton drept valabile numai ca legi limită *(Grenzgesetze)* [2]. Dar, în ciuda străduințelor pline de zel ale teoreticienilor, nu s-a izbutit pînă acum să se înlocuiască principiile mecanicii prin principii ce sînt în acord cu legea radiației termice a lui Planck, adică cu ipoteza cuan-

telor. Deși reducerea căldurii la mișcarea moleculară a fost dovedită în mod neîndoielnic, trebuie și astăzi să mărturisim că stăm în fața legilor fundamentale ale acestei mișcări într-un mod asemănător cu felul în care stăteau astronomii dinaintea lui Newton în fața mișcărilor planetelor [3].

M-am referit la un complex de fapte pentru a căror tratare teoretică lipsesc principiile. Se poate însă tot așa de bine ca principii clar formulate să ducă la consecințe ce ies cu totul sau aproape cu totul din cadrul domeniului de fapte accesibil astăzi experienței noastre. În aceste cazuri se poate să fie necesară o muncă de cercetare empirică îndelungată pentru a afla dacă principiile teoriei corespund sau nu realității [4]. Teoria relativității ne oferă un asemenea caz [5].

O analiză a conceptelor fundamentale de timp și spațiu ne-a arătat că enunțul constanței vitezei luminii în vid, ce rezultă din optica corpurilor în mișcare, nu ne constrînge cîtuși de puțin să acceptăm teoria unui eter luminos imobil. Mai degrabă se poate formula o teorie generală ce ține seama de împrejurarea că noi nu înregistrăm cîtuși de puțin mișcarea de translație a Pămîntului în experimentele realizate pe Pămînt. În acest caz aplicăm principiul relativității care sună astfel: forma legilor naturii nu se schimbă cînd se trece de la sistemul de coordonate inițial (recunoscut ca legitim) la unul nou, ce se află într-o mișcare de translație uniformă față de primul. Această teorie a primit confirmări empirice ce merită să fie amintite și a condus la o simplificare a descrierii teoretice a complexului de fapte care erau puse deja în relație.

Pe de altă parte, această teorie nu oferă din punct de vedere teoretic o satisfacție deplină, deoarece principiul relativității formulat mai înainte privilegiază mișcarea uniformă. Dacă este adevărat că nu sîntem îndreptățiți să acordăm mișcării *uniforme* o semnificație absolută din punct de vedere fizic, atunci se pune în mod firesc întrebarea dacă acest enunț nu ar trebui extins asupra mișcărilor neuniforme. S-a arătat că, dacă se pune la bază un principiu al relativității în acest sens extins, se ajunge la o extindere bine determinată a teoriei relativității. În felul acesta sîntem conduși la o teorie generală a gravitației care include dinamica. Deocamdată însă lipsește materialul faptic cu ajutorul căruia am putea verifica justețea introducerii acestui principiu de bază.

Am constatat că fizica inductivă pune întrebări celei deductive şi cea deductivă celei inductive şi că răspunsul la ele cere încordarea tuturor forţelor. Fie ca, prin muncă unită, să izbutim cît mai repede să înaintăm spre progrese definitive.

NOTE

1. În acest text este formulată clar, poate pentru prima dată, ideea de bază pe care se sprijină modelul ipotetic-deductiv al ştiinţei teoretice. Activitatea omului de ştiinţă teoretică cuprinde două părţi principale: formularea principiilor teoriei şi deducerea unor consecinţe empirice din aceste principii. Prima dintre ele este caracterizată drept o activitate pur imaginativă: principiile teoretice sînt o creaţie liberă a închipuirii omului de ştiinţă. Valoarea şi utilitatea lor poate fi determinată însă numai prin compararea consecinţelor derivate din ele cu datele experienţei. Deducerea consecinţelor empirice din principiile teoretice este, spre deosebire de formularea principiilor, o activitate sistematică în care cercetătorul aplică metode ce pot fi învăţate. Logicieni ai ştiinţei ca R. Carnap, C. G. Hempel sau K. R. Popper, care au elaborat modelul ipotetic-deductiv al structurii ştiinţei teoretice, se sprijină pe distincţia formulată aici de Einstein. Activitatea omului de ştiinţă teoretică, afirmă Popper, are două părţi: formularea teoriilor şi supunerea lor controlului experienţei. „O analiză logică a primei părţi a acestei activităţi, inventarea teoriilor, nu mi se pare nici posibilă, nici necesară. Întrebarea cum se întîmplă ca să-i vină cuiva o idee nouă — fie o temă muzicală, fie un conflict dramatic sau o teorie ştiinţifică — interesează psihologia empirică şi nu logica cunoaşterii." (K. R. Popper, *Logica cercetării*, Editura ştiinţifică şi enciclopedică, 1981, p. 76.) Iată şi exprimările foarte semnificative ale lui Carnap dintr-o lucrare bazată pe seminarul său de filozofie a ştiinţelor naturii de la Universitatea din Chicago, din 1946: „Cum putem să descoperim legi teoretice? Nu putem să spunem: «Vom aduna tot mai multe date şi vom generaliza dincolo de legile empirice, pînă vom ajunge la legi teoretice.» Niciodată nu a fost găsită o lege teoretică pe o asemenea cale ... o teorie trebuie să ia naştere pe o altă cale. Ea este formulată nu ca generalizare a faptelor, ci ca ipoteză. Ipoteza este apoi testată într-un fel care este într-o anumită privinţă analog cu testarea legilor empirice. Din ipoteză se derivă legi empirice, iar aceste legi empirice sînt la rîndul lor testate prin observaţii asupra faptelor". (R. Carnap, *Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaft*, Nynphenburger Verlagshandlung, München, 1969, p. 230).

2. Afirmaţia lui Einstein că ipoteza cuantelor „a răsturnat mecanica clasică" trebuie înţeleasă în sensul că în acel domeniu de cercetare care a fost deschis prin cercetările lui Planck asupra radiaţiei termice consecinţele deduse din mecanica clasică nu pot fi puse de acord cu datele experienţei. Cu alte cuvinte, descoperirea lui Planck a oferit indicaţii cu privire la limitele aplicării legilor mecanicii clasice. Aceste legi sînt numite „legi limită" în sensul că nu pot fi aplicate cu succes decît într-un domeniu limitat al experienţei fizice.

3. Este interesant că Einstein suliniază aici necesitatea formulării unor noi legi ale mişcării pentru elementele constitutive de bază ale substanţei materiale cunoscute în acea vreme. Deşi depăşise deja perioada cea mai fertilă a activităţii sale ştiinţifice, Einstein nu adoptă o atitudine propriu-zis conservatoare. Opoziţia lui ireductibilă de mai tîrziu faţă de acceptarea a ceea ce numea „teoria statistică a cuantelor" pornea de la respingerea supoziţiei adoptate de interpretarea general acceptată, interpretarea şcolii de la Copenhaga, şi anume că teoria oferă o descriere completă a stărilor fizice reale. Einstein respingea această supoziţie care era în contradicţie cu idealul său ştiinţific. Nu era vorba aşadar de *conservatorism* în sensul obişnuit al cuvîntului.

4. Formulări cum sînt „corespondenţa sau acordul cu realitatea a principiilor teoriei" şi „acordul cu datele experienţei al principiilor teoriei" sînt folosite adesea de fizician ca expresii echivalente. Acesta pare să fie cazul şi în acest pasaj.

5. Ca şi în alte texte scrise ulterior, Einstein descrie aici teoria restrînsă şi generală a relativităţii drept extinderi ale principiului relativităţii din fizica clasică. Aceste extinderi au fost realizate prin eforturi teoretice inventive, creatoare, în care rolul hotărîtor îl joacă consideraţii de natură matematică. În *Despre metoda fizicii teoretice*, un text scris peste aproximativ douăzeci de ani, Einstein se va exprima astfel în această privinţă: „Experienţa ne poate sugera bineînţeles conceptele matematice necesare: dar acestea nu pot fi deduse din ea. Experienţa rămîne, desigur, singurul criteriu al utilităţii unei construcţii matematice pentru fizică. Principiul propriu-zis creator se află însă în matematică. Într-un anumit sens, consider aşadar adevărat faptul că gîndirea pură poate să cuprindă realul, aşa cum visau anticii."

ERNST MACH

În aceste zile a plecat dintre noi *Ernst Mach*, un om cu o mare înrîurire asupra orientării epistemologice a cercetătorilor naturii din vremea noastră, un om cu o gîndire extrem de independentă. Era într-atît de stăpînit de plăcerea directă de a vedea și de a înțelege, de acel *amor dei intellectualis* al lui Spinoza, încît, pînă la o vîrstă înaintată, el a privit lumea cu ochi curioși de copil pentru a se bucura dezinteresat de înțelegerea corelațiilor.

Cum ajunge însă un cercetător al naturii cu adevărat înzestrat să se intereseze de teoria cunoașterii? Nu există oare în domeniul său de activitate ceva mai important de făcut? Astfel îi aud uneori vorbind pe unii dintre colegii mei de breaslă și mai mulți sînt cei pe care îi simt că gîndesc așa. Eu nu pot să împărtășesc acest fel de a gîndi. Cînd mă gîndesc la cei mai capabili studenți pe care i-am întîlnit eu ca profesor, adică la aceia care s-au evidențiat prin independența judecății lor și nu prin simplă iscusință, constat că se preocupau în modul cel mai activ de teoria cunoașterii. Ei discutau cu plăcere despre țelurile și metodele științei și, prin îndîrjirea cu care își apărau părerile, arătau fără putință de tăgadă că subiectul li se pare important. Acest fapt nu trebuie să ne surprindă.

Dacă mă consacru unei științe nu din rațiuni exterioare, cum ar fi cîștigul material, ambiția și, de asemenea nu, sau nu exclusiv, pentru satisfacția sportivă, pentru plăcerea gimnasticii creierului, atunci trebuie, ca învățăcel al acestei științe, să mă intereseze în mod arzător întrebarea: Ce țel vrea și poate să atingă știința căreia mă dedic? În ce măsură

rezultatele ei generale sînt „adevărate“? Ce este esențial în ea și ce ține doar de aspecte contingente ale dezvoltării?

Pentru a omagia meritul lui Mach nu avem voie să ocolim întrebarea: Ce a adus nou reflecția lui Mach asupra acestor probleme generale, ceva ce nu i-a trecut prin cap nici unui om înaintea lui? Adevărul în aceste lucruri trebuie dăltuit întotdeauna, mereu și mereu, de naturi puternice, întotdeauna potrivit nevoilor timpului pentru care lucrează sculptorul; dacă nu este întotdeauna produs din nou, el se pierde. De aceea este greu, și nu atît de esențial, să răspundem la întrebările: „Ce ne-a învățat principial nou Mach în raport cu ceea ce știm de la Bacon și Hume?“ „Ce îl distinge în mod esențial de Stuart Mill, Kirchhoff, Hertz, Helmholtz în ceea ce privește punctul de vedere epistemologic general față de științele particulare?“ [1] Fapt este că, prin scrierile sale istorico-critice, în care urmărește cu atîta dragoste dezvoltarea științelor particulare și-i iscodește pe cercetătorii deschizători de drumuri pînă în intimitățile creierului lor, Mach a avut o mare influență asupra generației noastre de cercetători ai naturii. Ba, mai mult, cred că nici cei care se socot adversari ai lui Mach nu-și dau seama cît au absorbit din modul machist de a vedea lucrurile, pentru a spune așa, o dată cu laptele mamei.

După Mach, știința nu este nimic altceva decît comparare și ordonare a conținuturilor de conștiință ce ne sînt date de fapt, potrivit anumitor puncte de vedere și metode probate de noi în timp. Fizica și psihologia nu se deosebesc deci una de cealaltă în ceea ce privește obiectul, ci numai din punctul de vedere al ordonării și corelării materialului. Se pare că cercetarea modului cum s-a realizat în particular această ordine, în științele pe care le stăpînea, i-a apărut lui Mach drept principala sa sarcină. Ca rezultate ale activității de ordonare apar noțiunile abstracte și legile (regulile) corelării lor. Amîndouă sînt în așa fel alese încît împreună alcătuiesc o schemă ordonatoare în care se încadrează sigur și sistematic datele ce urmează să fie ordonate. Potrivit celor spuse, conceptele au sens numai în măsura în care pot fi arătate lucrurile la care se raportează ele, ca și punctele de vedere după care sînt coordonate cu aceste lucruri (analiza conceptelor) [2].

Însemnătatea unor asemenea spirite ca Mach nu stă cîtuși de puțin numai în aceea că au satisfăcut anumite nevoi

filozofice ale timpului, pe care specialistul nărăvit le-ar putea califica drept un lux. Noțiuni care s-au dovedit folositoare în ordonarea lucrurilor ajung cu ușurință să aibă asupra noastră o asemenea autoritate încît uităm de originea lor pămîntească şi le luăm ca date imuabile. Ele vor fi calificate apoi drept „necesități ale gîndirii", „date *a priori*" și așa mai departe. Asemenea greșeli barează adesea pentru mult timp calea progresului științific. De aceea nu trebuie cîtuși de puțin să privim ca un joc gratuit exersarea în vederea analizării conceptelor devenite de mult familiare, precum și a relevării împrejurărilor de care atîrnă justificarea și utilitatea lor, a felului cum au luat naștere în particular din datele experienței. Aceasta va face ca autoritatea lor excesivă să fie subminată. Ele vor fi înlăturate dacă nu-și vor putea găsi justificare cu adevărat, vor fi corijate cînd coordonarea lor cu lucrurile date a devenit prea laxă, înlocuite cu altele dacă poate fi formulat un sistem nou, pe care, din anumite motive, îl preferăm [3].

Asemenea analize îi apar de cele mai multe ori omului de ştiință specializat, a cărui privire este îndreptată mai mult asupra particularului, de prisos, afectate, uneori chiar ridicole. Situația se schimbă însă cînd una din noțiunile folosite în mod obișnuit este înlocuită cu alta mai precisă, fiindcă dezvoltarea științei respective o cere. Atunci, cei ce nu folosesc cu precizie propriile noțiuni, protestează energic și se plîng că bunurile cele mai sfinte sînt supuse unei amenințări revoluționare. În acest strigăt se amestecă apoi și glasurile acelor filozofi care cred că nu se pot lipsi de acea noțiune deoarece au așezat-o în caseta lor a „absolutului", a „*a priori*-ului" sau a ceva asemănător, fiindcă au proclamat imuabilitatea ei principială.

Cititorul a și ghicit, desigur, că aici eu fac aluzie cu deosebire la anumite concepte ale teoriei spațiului și timpului, ca şi ale mecanicii, care au cunoscut o modificare prin teoria relativității. Nimeni nu poate să conteste teoreticienilor cunoașterii meritul de a fi netezit în această privință căile dezvoltării viitoare; despre mine știu cel puțin că am fost stimulat în mod deosebit, direct sau indirect, de Hume și Mach [4]. Rog cititorul să ia în mînă lucrarea lui Mach *Mecanica în dezvoltarea ei* și să urmărească considerațiile formulate în capitolul al doilea sub numerele 6 şi 7 (*Opiniile lui Newton despre timp, spaţiu şi mişcare* și *Critica sistematică*

a argumentelor newtoniene). Acolo se găsesc gînduri prezentate cu măiestrie, dar departe de a fi devenit bunul comun al fizicienilor. Aceste părţi atrag în mod special şi datorită faptului că sînt legate de pasaje citate textual din scrierile lui Newton. Iată cîteva asemenea delicatese:

Newton: „Timpul absolut, adevărat şi matematic, în sine şi după natura sa curge în mod egal fără nici o legătură cu ceva extern şi cu un alt nume se cheamă şi durată". „Timpul relativ, aparent şi comun, este acea măsură (precisă şi neegală) sensibilă şi eternă a oricărei durate determinată prin mişcare, care se foloseşte de obicei în loc de timpul adevărat, ca oră, ziuă, lună, an".

Mach: „... Dacă un lucru A se schimbă cu timpul, aceasta nu înseamnă decît că există o dependenţă a condiţiilor unui lucru A de condiţiile unui alt lucru B. Oscilaţiile unui pendul se produc în timp dacă mişcarea acestuia depinde de poziţia Pămîntului. Deoarece atunci cînd observăm pendulul nu trebuie să fim atenţi la dependenţa lui faţă de poziţia Pămîntului, ci putem să-l comparăm pe acesta cu orice alt lucru ... se creează uşor impresia că toate aceste lucruri sînt neesenţiale ... Noi nu avem posibilitatea să măsurăm schimbarea lucrurilor prin raportare la timp. Timpul este mai degrabă o abstracţie la care ajungem prin schimbarea lucrurilor, deoarece nu sîntem legaţi de o anumită unitate de măsură, toate depinzînd unele de altele".

Newton: „Prin natura sa fără nici o relaţie cu ceva extern, spaţiul absolut rămîne întotdeauna asemenea şi imobil". „Spaţiul relativ este o măsură sau o parte oarecare mobilă a celui absolut, care se relevă simţurilor noastre prin poziţia sa faţă de corpuri şi de obicei se confundă cu spaţiul imobil".

Urmează apoi o definiţie corespunzătoare a conceptelor „mişcare absolută" şi „mişcare relativă". După aceasta:

„Efectele prin care se deosebesc între ele mişcările absolute şi relative sînt forţele cu care corpurile tind să se îndepărteze de la axa mişcării circulare. În adevăr, în mişcarea circulară pur relativă aceste forţe sînt nule, însă în mişcarea circulară adevărată şi absolută ele sînt mai mari sau mai mici, după cantitatea de mişcare" [5].

Urmează acum descrierea bine cunoscutului experiment cu vasul ce trebuie să întemeieze intuitiv cea din urmă afirmaţie [6].

Critica pe care o face Mach acestui punct de vedere este foarte interesantă; citez din aceeași lucrare cîteva pasaje deosebit de pregnante: „Cînd spunem că un corp K își schimbă direcția și viteza numai sub influența unui alt corp K′, noi nu putem să ajungem cîtuși de puțin la această judecată dacă nu există alte corpuri A, B, C . . . față de care judecăm mișcarea corpului K. Noi recunoaștem astfel, de fapt, o relație a corpului K cu A, B, C . . . Dacă am face abstracție dintr-o dată de A, B, C . . . și am vrea să vorbim de comportarea corpului K în spațiul absolut, atunci am comite o dublă greșeală. Mai întîi, nu am putea ști cum s-ar comporta K în absența corpurilor A, B, C . . ., iar, apoi, ne-ar lipsi orice mijloc de a judeca comportarea corpului K și de a verifica enunțurile noastre, care nu ar mai avea, așadar, un sens științific".

„Mișcarea unui corp K poate fi judecată întotdeauna numai prin raportare la alte corpuri A, B, C . . . Deoarece întotdeauna avem la dispoziție un număr suficient de corpuri ce stau relativ nemișcate unele față de celelalte sau își schimbă poziția doar lent, noi nu sîntem legați aici de vreun corp determinat și putem să facem abstracție fie de unul, fie de altul. Așa a luat naștere părerea că, în general, existența acestor corpuri nu ar conta".

„Experimentul lui Newton cu vasul de apă ce se rotește ne învață doar că rotația relativă a apei față de pereții vasului nu provoacă forțe centrifugale notabile, dar că acestea sînt provocate de rotația relativă față de masa Pămîntului și față de celelalte corpuri cerești. Nimeni nu poate să spună cum s-ar desfășura experimentul dacă pereții vasului ar fi tot mai groși și mai voluminoși și, pînă la urmă, ar atinge o grosime de mai multe mile . . ."

Rîndurile citate arată că Mach a recunoscut în mod clar părțile slabe ale mecanicii clasice [7] și nu a fost prea departe de a pretinde o teorie generală a relativității, și aceasta încă acum aproape o jumătate de secol! Nu este improbabil că Mach ar fi ajuns la teoria relativității, dacă, pe vremea cînd spiritul său mai avea încă prospețimea tinereții, întrebarea cu privire la însemnătatea constanței vitezei luminii i-ar fi preocupat pe fizicieni. În lipsa acestui impuls ce derivă din electrodinamica lui Maxwell-Lorentz, exigența critică a lui Mach nu a fost suficientă pentru a trezi sentimentul necesi-

tății unei definiții a simultaneității evenimentelor distanțate spațial.

Reflecțiile asupra experimentului lui Newton cu vasul arată cît de aproape de spiritul său a fost revendicarea relativității în sens mai general (relativitatea accelerațiilor). Bineînțeles că aici lipsește conștiința vie a faptului că egalitatea masei inerte și grele a corpurilor cere un postulat al relativității într-un sens mai larg, în măsura în care noi nu sîntem în stare să decidem prin experiment dacă căderea corpurilor față de un sistem de coordonate trebuie atribuită existenței unui cîmp gravitațional sau stării de accelerație a sistemului de coordonate.

Potrivit evoluției sale spirituale, Mach nu a fost un filozof care și-a ales ca obiect al speculațiilor sale științele naturii, ci un cercetător cu interese largi, harnic, pentru care investigația dincolo de problemele de detaliu, situate în centrul interesului general, constituia în mod vizibil o delectare [8]. Dovadă stau nenumăratele lui cercetări particulare în domeniul fizicii și al psihologiei empirice, pe care le-a publicat în parte singur, în parte împreună cu elevii săi. Dintre cercetările sale în fizică, experimentele cele mai cunoscute sînt cele asupra undelor sonore generate de proiectile. Chiar dacă ideea de bază aplicată aici nu a fost principial nouă, aceste cercetări au relevat totuși un talent experimental neobișnuit. El a izbutit să înregistreze fotografic distribuția densității aerului în apropierea unui proiectil cu o viteză mai mare decît cea a sunetului și să arunce astfel o lumină asupra unui gen de fenomene acustice despre care pînă la el nu se știa nimic. Expunerea lui populară asupra acestor cercetări va bucura pe orice om care poate găsi plăcere în probleme de fizică.

Cercetările filozofice ale lui Mach au izvorît exclusiv din dorința de a ajunge la un punct de vedere din care diferitele discipline științifice, cărora le-a consacrat munca sa de o viață, pot să fie concepute drept contribuții la realizarea unui țel comun. El concepe întreaga știință ca năzuință spre ordonarea experiențelor elementare separate, pe care le-a desemnat ca „senzații". Expresia respectivă a făcut posibil ca acest gînditor sobru și precaut să fie adeseori socotit drept un filozof idealist și solipsist de către cei care nu s-au ocupat îndeaproape de lucrările sale.

Citind lucrările lui Mach, împărtăşeşti plăcerea pe care trebuie să o fi simţit autorul atunci cînd şi-a aşternut pe hîrtie propoziţiile sale pregnante şi precise. Dar nu numai delectarea intelectuală şi satisfacţia produsă de un stil bun fac atît de atrăgătoare lectura cărţilor sale, ci şi bunătatea, omenia şi optimismul care sclipesc adesea printre rîndurile sale atunci cînd vorbeşte despre probleme omeneşti de interes general. Acest fel de a fi l-a ferit şi de boala epocii, care astăzi doar pe puţini i-a ocolit, şi anume fanatismul naţional. În articolul său de popularizare „Despre fenomene produse la proiectilele ce zboară“ el nu s-a putut abţine să dea expresie, în ultimul alineat, speranţei sale de realizare a înţelegerii între popoare.

NOTE

1. Asemenea remarci merită toată atenţia. Ele sugerează că Einstein vede însemnătatea lui Mach nu atît în activitatea lui de teoretician al cunoaşterii ştiinţifice, cît mai degrabă în cea de critic al ştiinţei timpului său. Mach a contribuit mai mult ca oricare altul din generaţia sa, îndeosebi prin lucrările sale istorice, la încurajarea unui examen critic al fundamentelor cunoaşterii fizice. Einstein vorbeşte aici ca unul ce a resimţit în mod fericit puterea stimulatoare a cercetărilor istorico-critice întreprinse de Mach, fără să-şi fi însuşit însă pur şi simplu punctul de vedere al fizicianului austriac cu privire la direcţiile în care ar trebui orientată cercetarea fizică. Einstein lasă să se înţeleagă că vede influenţa lui Mach nu în primul rînd în ceea ce a spus acesta despre natura cunoaşterii omeneşti în genere, în răspunsurile pe care le-a dat unor interogaţii filozofice cu o lungă tradiţie, ci în reflecţiile sale critice asupra dezvoltării cunoaşterii fizice moderne de felul celor cuprinse în cunoscuta sa lucrare asupra istoriei mecanicii. Creatorul teoriei relativităţii a beneficiat de acţiunea eliberatoare a analizelor istorico-critice ale lui Mach într-o epocă în care dominau autoritar convingeri dogmatice cu privire la fundamentele ştiinţelor naturii. În anii săi mai tîrzii, Einstein a exprimat mai clar şi mai net temeiurile atitudinii sale bivalente faţă de concepţiile lui Mach. În *Notele autobiografice*, scrise în 1947, întîlnim o formulare deosebit de concisă şi de concludentă: „Eu văd măreţia reală a lui Mach în scepticismul şi independenţa lui incomparabile; în tinereţe m-a impresionat puternic şi poziţia epistemologică a lui Mach care îmi apare însă astăzi ca fiind în principiu de nesusţinut.“

2. Aşa cum reiese din acest pasaj, punctul de vedere al lui Mach era un punct de vedere empirist deosebit de radical. Aşa cum s-a subliniat adesea, Einstein a exploatat în unele cercetări ştiinţifice din tinereţe valoarea euristică a acestui punct de vedere, de pildă în analiza critică a conceptului simultaneităţii. Întrebarea „în ce

constă simultaneitatea evenimentelor?" a fost reformulată astfel: „cum putem determina operațional simultaneitatea a două evenimente ?". Einstein nu a lucrat însă niciodată conducîndu-se după principiul machist potrivit căruia „conceptele au sens numai în măsura în care pot fi arătate lucrurile la care se raportează ele". Fără îndoială că dacă ar fi urmat în mod strict un asemenea principiu Einstein nu ar fi putut formula teoria relativității și alte idei care i-au asigurat un loc unic în creația științifică a secolului nostru. Mach însuși pare să fi înțeles clar incompatibilitatea dintre principiile sale epistemologice și construcțiile teoretice einsteiniene. Judecata negativă a lui Mach asupra teoriei relativității, formulată fără echivoc într-o prefață scrisă în 1913 la cartea sa *Principiile opticii* (cartea apare abia în 1921, după moartea lui Mach) poate fi interpretată în acest fel. În această privință, vezi, bunăoară, G. Holton *Unde este realitatea? Răspunsurile lui Einstein*, în *Știință și sinteză*, Editura Politică, București, 1969, îndeosebi p. 116—117.

3. Einstein lasă clar să se înțeleagă că lectura lucrărilor lui Mach poate da noi impulsuri gîndirii științifice creatoare în măsura în care ușurează o distanțare critică de concepte și principii adînc înrădăcinate, a căror autoritate se întemeiază pe obișnuință și nu are o justificare superioară, cum s-a crezut adesea. Cele mai multe din pronunțările asupra lui Mach din anii mai tîrziu ai lui Einstein, pronunțări în care judecata negativă asupra concepției machiste a cunoașterii științifice este formulată fără echivoc, dar se subliniază, totodată, influența pozitivă pe care a avut-o contactul în tinerețe cu scrierile lui Mach, pot fi mai bine înțelese din această perspectivă. Cel mai clar și mai pe larg s-a exprimat Einstein cu privire la ceea ce îi datorează lui Mach, în ciuda dezacordului lor principial, pe plan epistemologic, într-o scrisoare din 6 ianuarie 1948, adresată prietenului său din tinerețe M. Besso: „În ceea ce-l privește pe Mach, trebuie să fac distincția dintre influența lui în general și efectul pe care l-a produs asupra *mea*. Mach a realizat importante cercetări speciale (de exemplu, descoperirea undelor de șoc, care este bazată pe o metodă optică cu adevărat genială). Totuși, nu vreau să vorbim de aceasta, ci de influența lui asupra atitudinii generale față de fundamentele fizicii. Marele său merit este de a fi înmlădiat dogmatismul ce domnea în secolele XVIII și XIX în ceea ce privește fundamentele fizicii. El a încercat să arate, îndeosebi în mecanică și în teoria căldurii, cum s-au născut noțiunile din experiență. El a apărat cu convingere punctul de vedere potrivit căruia noțiunile — să le considerăm pe cele fundamentale — nu-și trag justificarea decît din experiență și nu sînt în nici un fel necesare din punct de vedere logic. Acțiunea lui a fost deosebit de binefăcătoare cînd a arătat în mod clar că problemele fizice cele mai importante nu sînt de natură matematico-deductivă; cele mai importante sînt cele ce se raportează la principiile de bază. Slăbiciunea lui o văd în faptul că el credea mai mult sau mai puțin că știința constă numai în ordonarea materialului experimental, adică în faptul că a tăgăduit elementul constructiv liber ce intervine în elaborarea unei noțiuni. El gîndea într-un fel că teoriile sînt rezultatul unei *descrieri*, și nu al unei *invenții*. El mergea chiar atît de departe încît considera «senzațiile» nu numai ca un material de conceptualizat, ci, de asemenea, într-o anumită măsură ca materialele de construcție

ale lumii reale; el credea că va putea umple astfel prăpastia ce există între psihologie şi fizică. Dacă ar fi fost pe de-a întregul consecvent, el nu ar fi trebuit să respingă doar atomismul, ci şi ideea unei realităţi fizice. Cît despre influenţa lui Mach asupra evoluţiei gîndirii mele, ea a fost în mod sigur foarte mare. Îmi amintesc foarte bine că tu m-ai făcut atent asupra tratatului său de mecanică şi asupra teoriei sale despre căldură în primii ani ai studiilor mele şi că aceste două lucrări mi-au făcut o mare impresie. Pînă la ce punct au acţionat ele asupra propriei mele munci nu-mi pot da seama clar, pentru a vorbi sincer, atît cît îmi amintesc. D. Hume a avut asupra mea o influenţă directă mai mare. L-am citit la Berna în tovărăşia lui Conrad Habicht şi Solovine. Dar, cum am spus-o, nu sînt în măsură să analizez ceea ce a rămas ancorat în subconştientul meu." (A. Einstein, M. Besso, *Correspondance, 1903—1955*, Hermann, Paris, 1979, pp. 230—231.) Referirea la influenţa lui Hume este în acest context revelatoare şi pentru natura influenţei pe care a exercitat-o Mach asupra gîndirii lui Einstein. Căci ceea ce a putut reţine cu deosebire Einstein din analizele critice ale lui Hume, îndeosebi din cele consacrate conceptului de cauzalitate, era avertismentul asupra tentaţiei la care sîntem supuşi tot timpul de a atribui unor noţiuni care au fost folosite cu succes o perioadă mai lungă de timp şi s-au fixat ca efect al obişnuinţei statutul de „necesităţi ale gîndirii", de categorii *a priori*. Chiar şi în rîndurile de mai jos ale textului lui Einstein, Mach şi Hume sînt amintiţi împreună ca teoreticieni ai cunoaşterii care au denunţat caracterizarea drept *a priori* sau *logic necesară* a unor noţiuni al căror prestigiu nu s-ar sprijini decît pe obişnuinţe create de o utilizare îndelungată.

4. Fără îndoială că desprinderea de idei atît de adînc înrădăcinate nu numai în tradiţia fizicii clasice, ci şi în gîndirea comună, cum sînt ideile spaţiului şi timpului absolut, nu se putea realiza dintr-o dată. Cu atît mai puţin putea fi ea realizată doar sub influenţa unor consideraţii critice de principiu, cum au fost cele formulate în lucrările lui Mach. Succesele teoriei relativităţii au avut un rol determinant în înfăptuirea acestei schimbări profunde în gîndirea fizică.

5. Pasajele citate de Mach din cartea lui I. Newton *Principiile matematice ale filozofiei naturale* au fost reproduse după traducerea în limba română realizată de Victor Marian, Editura Academiei, Bucureşti, 1956.

6. În traducerea românească descrierea acestui experiment se găseşte la paginile 33—34.

7. Einstein nu are în vedere, desigur, legile mecanicii, ci supoziţiile filozofice, reprezentarea despre natură pe care se sprijină noţiuni fundamentale ale mecanicii newtoniene cum sînt cele de timp şi spaţiu. Din acest pasaj, ca şi din alte pasaje risipite în scrierile sale, reiese clar că pentru Einstein teoria relativităţii reprezintă o revizuire a unor concepte ale cinematicii şi dinamicii clasice şi, prin urmare, a concepţiei despre natură care a dominat în secolele XVIII şi XIX. Înclinaţia adesea spontană a lui Einstein spre o interpretare realistă a semnificaţiei teoriilor fizice fundamentale iese mai clar în evidenţă dacă o comparăm cu punctul

de vedere al altor mari fizicieni creatori ai secolului nostru. Vezi în această privință și nota 8 la textul *Observații asupra articolelor reunite în acest volum*.

8. Este ușor de văzut că Einstein relevă în preocupările lui Mach ceea ce îi este apropiat, în acest caz interesul pentru problemele de principiu. Acest interes trebuia admirat cu deosebire la un om de știință foarte înzestrat pentru cercetarea experimentală. Einstein subliniază deosebirea dintre cercetările de fundamente cultivate de Mach și cercetările tehnice într-un cadru dat, considerat ca asigurat, cercetări ce constituie îndeletnicirea imensei majorități a oamenilor de știință. El nu va putea, desigur, trece cu vederea că elaborarea teoriei relativității a fost impulsionată în mod hotărîtor de interesul pentru cercetarea critică a fundamentelor, un interes care a fost cu totul caracteristic pentru multe din investigațiile întreprinse de Mach. Einstein îl omagiază pe Mach ca pe un cercetător cu asemenea interese. Pasaje semnificative din acest text, ca și din alte texte filozofice ale lui Einstein, pot fi citite drept un elogiu a ceea ce Popper va caracteriza mai tîrziu ca „știință eroică".

PRINCIPIILE CERCETĂRII

Discurs la cea de-a 60-a aniversare a lui Max Planck în cadrul Societății de fizică din Berlin

Un edificiu multiform — acesta este templul științei. Cu totul diferiți sînt oamenii care îi trec pragul, și diferite sînt forțele sufletești care i-au condus spre templu. Cîte unul se îndeletnicește cu știința avînd sentimentul plăcut al capacității sale intelectuale superioare; pentru el știința este exercițiul potrivit care va trebui să-l ajute să trăiască intens și să-și satisfacă ambiția; în templu pot fi găsiți de asemenea mulți care își aduc aici ofranda din substanța creierului lor doar pentru țeluri utilitare. Dacă ar veni acum un înger al Domnului și i-ar alunga din templu pe toți cei ce fac parte din aceste două categorii, templul s-ar goli într-un mod îngrijorător. Ar mai rămîne, totuși, în templu oameni din zilele noastre, ca și din vremuri mai vechi. Printre aceștia este și Planck al nostru și de aceea îl iubim.

Știu prea bine că noi am alungat cu inimă ușoară și mulți oameni de valoare care au clădit în mare parte, poate în cea mai mare parte, templul științei; în privința multora dintre ei îngerului nostru i-ar fi fost greu să se hotărască. Un lucru mi se pare însă sigur: dacă nu ar fi existat decît oameni de felul celor alungați, atunci templul nu ar fi putut fi înălțat, după cum nu poate crește o pădure în care nu întîlnești decît plante agățătoare. Pentru acești oameni orice cîmp de activitate este la fel de bun; atîrnă de împrejurări exterioare dacă ei devin ingineri, ofițeri, comercianți sau oameni de știință. Să ne întoarcem însă din nou privirea spre cei ce au găsit îndurare din partea îngerului! Ei sînt, de cele mai multe

ori, inşi ciudaţi, retraşi şi singuratici, care, dincolo de aceste apropieri, sînt, de fapt, mai puţin asemănători decît cei din ceata celor alungaţi. Ce i-a adus oare în templu? Răspunsul nu este uşor de dat şi nu poate fi, desigur, acelaşi pentru toţi. Mai întîi, cred, împreună cu Schopenhauer, că unul din cele mai puternice motive ce conduc la artă şi ştiinţă este evadarea din viaţa de toate zilele cu asprimea ei dureroasă şi pustiul ei dezolant, din cătuşele propriilor dorinţe veşnic schimbătoare. Toate acestea îl alungă pe omul sensibil din existenţa personală în lumea contemplării obiective şi a înţelegerii; este un motiv comparabil cu nostalgia ce îl împinge pe orăşean, fără putinţă de împotrivire, din ambianţa sa zgomotoasă şi lipsită de perspectivă spre ţinuturile liniştite ale munţilor înalţi unde privirea se pierde în depărtări prin aerul liniştit şi pur şi se animă de contururi odihnitoare create, parcă, pentru eternitate. Acestui motiv negativ i se alătură însă unul pozitiv. Omul încearcă, într-un fel care să i se potrivească oarecum, să-şi creeze o imagine a lumii simplificată şi sistematică şi să treacă astfel dincolo de lumea trăirilor, în măsura în care năzuieşte să o înlocuiască, pînă la un anumit grad, prin această imagine. Este ceea ce face pictorul, poetul, filozoful speculativ şi cercetătorul naturii, fiecare în felul său. El strămută centrul de greutate al vieţii sufleteşti în această imagine şi în alcătuirea ei pentru a căuta astfel liniştea şi statornicia pe care nu le poate găsi în cercul prea strîmt al zbuciumatelor trăiri personale.

Ce loc ocupă imaginea despre lume a fizicianului teoretician între toate aceste imagini posibile ale lumii? Ea cere ca descrierea corelaţiilor să fie de o rigoare şi exactitate maximă pe care doar folosirea limbajului matematic le poate oferi. În schimb, fizicianul trebuie să fie cu atît mai modest în ceea ce priveşte conţinutul, mulţumindu-se să descrie cele mai simple fenomene ce pot fi făcute accesibile simţurilor noastre, în timp ce toate fenomenele mai complexe nu pot fi reconstituite de spiritul omenesc cu acea subtilă precizie şi consecvenţă pe care le cere fizicianul teoretician. Cea mai mare puritate, claritate şi siguranţă cu preţul completitudinii. Ce farmec poate însă avea să cuprinzi cu precizie un fragment atît de mic al naturii şi să laşi la o parte, timid şi descurajat, tot ce este mai fin şi mai complex? Merită rezultatul unei îndeletniciri atît de resemnate mîndrul nume „imagine a lumii“ *(Weltbild)*?

Eu cred că mîndrul nume este pe deplin meritat, căci legile universale pe care se sprijină edificiul de idei al fizicii teoretice au pretenția de a fi valabile pentru orice eveniment din natură. Pornind de la ele ar trebui să fie găsită, pe calea deducției pur mintale, imaginea, adică teoria oricărui proces al naturii, inclusiv al fenomenelor vieții, dacă acest proces de deducție nu ar depăși cu mult capacitatea minții omenești. Renunțarea la completitudinea tabloului fizic al lumii nu este, așadar, principială.

Cea mai înaltă menire a fizicianului este, prin urmare, căutarea acelor legi elementare, cele mai generale, din care, prin pură deducție, poate fi dobîndită imaginea lumii. La aceste legi elementare nu duce nici un drum logic, ci numai intuiția ce se sprijină pe cufundarea în experiență. Dată fiind această nesiguranță a metodei, am putea crede că ar fi cu putință oricît de multe sisteme ale fizicii teoretice, în egală măsură îndreptățite; această părere este, desigur, chiar și principial vorbind, întemeiată. Desfășurarea lucrurilor ne-a arătat însă că, din toate construcțiile ce pot fi gîndite, una singură s-a dovedit superioară în raport cu celelalte în momentul respectiv. Nici un om care a aprofundat cu adevărat subiectul nu va tăgădui că lumea percepțiilor determină într-un mod practic univoc sistemul teoretic, deși nici un drum logic nu duce de la percepții spre principiile teoriei; este ceea ce Leibniz a numit într-un mod atît de fericit „armonie prestabilită“ [1]. A nu fi apreciat cum se cuvine această împrejurare este reproșul grav pe care îl fac fizicienii unor teoreticieni ai cunoașterii. Aici mi se pare că se află și rădăcinile polemicii de acum cîțiva ani dintre Mach și Planck [2].

Năzuința spre contemplarea acelei armonii prestabilite este izvorul nesfîrșitei stăruințe și răbdări cu care-l vedem pe Planck dăruindu-se problemelor celor mai generale ale științei noastre, fără a se lăsa abătut de țeluri mai rentabile și mai ușor accesibile [3]. Am auzit deseori că tovarășii de breaslă voiau să explice această purtare printr-o putere a voinței și o disciplină ieșite din comun; cu totul pe nedrept, cred eu. Căci starea de spirit care îl face pe un ins în stare de asemenea realizări seamănă cu cea a omului religios sau cu cea a îndrăgostitului; strădania de fiecare zi nu izvorăște din nici o intenție și din nici un program, ci dintr-o nevoie nemijlocită.

Iubitul nostru Planck este în mijlocul nostru și privește cu îngăduință jocul meu copilăresc cu lampa lui Diogene.

Simpatia pe care i-o purtăm nu are nevoie de nici o întemeiere. Fie ca iubirea pentru știință să-i înfrumusețeze și în viitor drumul vieții și să-l conducă la dezlegarea celei mai însemnate probleme fizice a prezentului căreia i-a dat un impuls atît de puternic. Să-i reușească unificarea într-un sistem logic unitar a teoriei cuantice cu electrodinamica și mecanica! [4]

NOTE

1. Einstein schițează aici, prin cîteva reflecții epistemologice sumare, contururile mari ale concepției ipotetic-deductive asupra teoriei științifice. Această concepție a fost elaborată sistematic în deceniile următoare de logicienii științei. Pentru reflecții asemănătoare vezi *Discurs de recepție la Academia prusacă de științe*. Pentru dezvoltări vezi și *Despre metoda fizicii teoretice*.

2. Polemica la care se referă Einstein a început prin publicarea articolului lui M. Planck *Die Einheit des physikalischen Weltbildes* (1908). Răspunsului lui Mach, *Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftlicher Erkenntnislehre und ihre Aufnahme durch die Zeitgenossen* (1910), i-a urmat în același an replica lui Planck, *Zur Machschen Theorie der physikalischen Erkenntnis. Eine Erwiderung*. Einstein exprimă în acest pasaj în mod clar înțelegere și sprijin pentru poziția lui Planck. În două scrisori adresate lui Mach, prima nedatată, probabil din iarna anilor 1912—1913, și a doua din iunie 1913, Einstein s-a exprimat totuși altfel în această privință. Se pare că în acel moment judecata lui Einstein a fost influențată în mod hotărîtor de modul cum aprecia pozițiile celor doi fizicieni față de proiectul teoriei generale a relativității la care lucra. Exprimîndu-și satisfacția pentru interesul lui Mach față de noua sa teorie, Einstein continua astfel în prima sa scrisoare: „Mă bucură în mod deosebit că prin dezvoltarea acestei teorii vor deveni cunoscute profunzimea și însemnătatea cercetărilor dumneavoastră asupra fundamentelor mecanicii. Nu pot să înțeleg nici astăzi de ce Planck, pe care de altfel am învățat să-l prețuiesc ca pe nimeni altul, are atît de puțină înțelegere pentru strădaniile dumneavoastră. El are de altfel o atitudine de respingere și față de teoria mea. Nu pot să iau aceasta în nume de rău. Căci pînă acum acel argument epistemologic este singurul lucru pe care aș putea să-l invoc în favoarea noii mele teorii." (Fr. Herneck, *Einstein und sein Weltbild*, Buchverlag Der Morgen, Berlin, 1976, p. 140—141). În a doua scrisoare, Einstein îi comunica lui Mach că i-a trimis un exemplar al noii sale lucrări despre relativitatea generală. Teoria va putea fi testată experimental cu ocazia eclipsei de soare din anul 1914. Dacă rezultatul va fi pozitiv, „genialele dumneavoastră cercetări despre fundamentele mecanicii vor cunoaște o strălucită confirmare, în ciuda criticii neîntemeiate a lui Planck". (*Op. cit.*, p. 143.)

3. Vorbind de Planck, Einstein caracterizează în aceste rînduri în mod potrivit și propria lui situare față de munca de cercetare știin-

ţifică. Într-o scrisoare adresată prietenului său din tinereţe M. Solovine, el observa: „Interesul meu pentru ştiinţă era în fond limitat întotdeauna la studiul principiilor, ceea ce explică cel mai bine întreaga mea comportare. Faptul că am publicat atît de puţin ţine de aceeaşi împrejurare, dat fiind că dorinţa arzătoare de a înţelege principiile a avut drept consecinţă că majoritatea timpului a fost consumată cu eforturi infructuoase.“ (A. Einstein către M. Solovine la 30 octombrie 1924, în A. Einstein, *Lettres à Maurice Solovine*, Gauthier Villars, Paris, 1956, p. 49.)

4. Referindu-se la marele său coleg, Einstein dezvăluie şi aici propriile sale preocupări şi năzuinţe. Afirmaţii semnificative în acest sens găsim îndeosebi în *Notele autobiografice*.

GEOMETRIE ŞI EXPERIENŢĂ

Matematica se bucură, faţă de toate celelalte ştiinţe, de un prestigiu aparte dintr-un anumit motiv: propoziţiile ei sînt absolut sigure şi neîndoielnice în vreme ce propoziţiile tuturor celorlalte ştiinţe sînt într-o anumită măsură discutabile şi în permanent pericol de a fi răsturnate de fapte nou descoperite. Cu toate acestea, cercetătorul dintr-un alt domeniu nu ar trebui să-l invidieze pe matematician dacă propoziţiile lui s-ar raporta nu la obiecte ale realităţii, ci la cele ale simplei noastre închipuiri. Căci nu trebuie să surprindă că se ajunge la consecinţe logice general acceptate dacă s-a realizat un acord asupra propoziţiilor fundamentale (axiome), ca şi asupra metodelor prin mijlocirea cărora au fost derivate alte propoziţii din aceste propoziţii fundamentale. Dar acest mare prestigiu al matematicii decurge, pe de altă parte, din faptul că matematica este aceea care conferă ştiinţelor exacte ale naturii un anumit grad de siguranţă, pe care, fără matematică, nu l-ar fi putut atinge.

În acest punct survine o enigmă, care i-a neliniştit în mod deosebit pe cercetătorii din toate timpurile. Cum este oare cu putinţă ca matematica, care este un produs al gîndirii omeneşti independent de orice experienţă, să se potrivească totuşi atît de bine obiectelor realităţii? Poate, aşadar, raţiunea omenească să cerceteze însuşiri ale lucrurilor reale prin simplă gîndire, fără ajutorul experienţei?

La aceasta se poate răspunde, după părerea mea, scurt: în măsura în care propoziţiile matematicii se raportează la realitate, ele nu sînt sigure, iar în măsura în care sînt sigure, ele nu se raportează la realitate. Cred că o deplină claritate

în ceea ce privește această situație a devenit un bun comun abia prin acea direcție din matematică cunoscută sub numele de „axiomatică“. Progresul realizat prin axiomatică constă în aceea că prin ea logic-formalul a fost despărțit net de conținutul material sau intuitiv; potrivit axiomaticii, numai logic-formalul reprezintă obiectul matematicii, și nu conținutul intuitiv sau un alt conținut corelat cu logic-formalul.

Să considerăm, din acest punct de vedere, o axiomă oarecare a geometriei, bunăoară următoarea: prin două puncte din spațiu trece întotdeauna o dreaptă și numai o singură dreaptă. Cum poate fi interpretată această axiomă în sensul mai vechi și mai nou?

Interpretarea mai veche: Fiecare știe ce este o dreaptă și ce este un punct. Dacă această cunoaștere provine din interacțiunea elementului logic-formal și intuitiv sau din altă sursă, acest lucru nu trebuie să-l decidă matematicianul; el lasă această decizie în seama filozofului. Sprijinită pe această cunoaștere, dată înaintea oricărei matematici, axioma numită, ca și toate celelalte axiome, este evidentă, adică este expresia unei părți a acestei cunoașteri *a priori*.

Interpretarea mai nouă: Geometria operează cu obiecte desemnate prin cuvintele *dreaptă*, *punct* și așa mai departe. Nu se presupune nici o cunoaștere sau intuiție despre aceste obiecte, ci doar validitatea unei axiome înțelese de asemenea pur formal, adică detașată de orice conținut intuitiv și de trăire. Față de un asemenea conținut, axioma amintită este un exemplu. Aceste axiome sînt creații libere ale spiritului omenesc. Toate celelalte propoziții geometrice sînt consecințe logice derivate din axiome (concepute pur nominalist). Abia axiomele definesc obiectele cu care se ocupă geometria. De aceea Schlick, în cartea sa de teoria cunoașterii, a caracterizat axiomele — foarte potrivit — ca „definiții implicite“ [1].

Această concepție asupra axiomei, susținută de axiomatica modernă, curăță matematica de toate elementele ce nu țin de ea și înlătură astfel întunecimea mistică ce învăluia mai înainte fundamentul matematicii. O asemenea reprezentare purificată face de asemenea evident faptul că matematica — ca atare — nu poate să enunțe ceva nici despre obiecte ale intuiției, nici despre obiecte ale realității. În geometria axiomatică prin „punct“, „dreaptă“ și așa mai departe trebuie înțelese doar scheme conceptuale golite de orice conținut. Ceea ce le dă conținut nu aparține matematicii.

Pe de altă parte, este însă totuși sigur că matematica în genere, și geometria, în special, își datorează geneza nevoii de a afla ceva despre comportarea lucrurilor reale. Aceasta o dovedește chiar cuvîntul *geometrie* care înseamnă „măsurarea pămîntului". Căci măsurarea pămîntului tratează despre posibilitățile așezării anumitor corpuri din natură unele față de altele, adică despre părți ale globului pămîntesc, despre sfori ale zidarilor, rigle de măsurat și așa mai departe. Este clar că sistemul de concepte al geometriei axiomatice nu oferă nici un enunț despre comportarea unor asemenea obiecte ale realității pe care dorim să le caracterizăm drept corpuri practic rigide. Pentru a putea furniza asemenea enunțuri, geometria trebuie să fie despuiată de caracterul ei logic-formal în așa fel încît schemele conceptuale goale ale geometriei axiomatice să fie coordonate cu obiecte ale realității cunoscute prin simțuri. Pentru a realiza aceasta trebuie să adăugăm doar propoziția: corpurile rigide se comportă în ceea ce privește posibilitățile lor de așezare ca și corpurile geometriei euclidiene cu trei dimensiuni; atunci propozițiile geometriei euclidiene cuprind enunțuri despre comportarea unor corpuri practic rigide.

Geometria completată în acest fel este în mod evident o știință a naturii; o putem considera chiar ca cea mai veche ramură a fizicii. Enunțurile ei se sprijină în esență pe inducție din experiență, nu numai pe concluzii logice. Vom numi geometria astfel completată „geometrie practică" și o vom distinge în cele ce urmează de „geometria pur axiomatică". Întrebarea dacă geometria practică a lumii este una euclidiană are un sens clar poate să primească un răspuns numai prin experiență. Orice măsurare a lungimilor în fizică este geometrie practică în acest sens, la fel măsurarea geodezică și astronomică a lungimilor, dacă ne ajutăm de propoziția empirică că lumina se propagă în linie dreaptă și anume în linie dreaptă în sensul geometriei practice.

Acestei concepții asupra geometriei îi acord o semnificație deosebită deoarece fără ea mi-ar fi fost cu neputință să stabilesc teoria relativității. Fără ea ar fi fost imposibilă următoarea reflecție: într-un sistem de referință ce se rotește în raport cu un sistem inerțial legile de așezare ale corpurilor rigide nu corespund, datorită contracției Lorentz, regulilor geometriei euclidiene; așadar, dacă sistemele neinerțiale sînt acceptate ca sisteme cu aceleași drepturi, geometria eucli-

diană va trebui să fie părăsită. Pasul hotărîtor al trecerii spre ecuații general covariante nu ar fi fost în mod sigur făcut dacă nu ar fi fost adoptată interpretarea de mai sus. Dacă se respinge relația dintre corpurile geometriei axiomatic euclidiene și corpurile practic rigide ale realității se ajunge la următoarea concepție, pe care a apărat-o îndeosebi pătrunzătorul și profundul Henri Poincaré: dintre toate celelalte geometrii axiomatice ce pot să fie gîndite, geometria euclidiană se distinge prin simplitatea ei. Deoarece geometria axiomatică singură nu conține însă nici un enunț despre realitatea cunoscută prin simțuri, ci numai geometria axiomatică în corelație cu propoziții fizice, ar fi posibil și rațional să păstrăm geometria euclidiană, oricare ar fi alcătuirea realității. Căci, dacă vor apărea contradicții între teorie și experiență, ne vom decide mai cuînd la o schimbare a legilor fizice decît a geometriei euclidiene axiomatice. Dacă se respinge relația dintre corpurile practic rigide și geometrie nu vom putea scăpa ușor de convenția că trebuie să păstrăm geometria euclidiană ca geometria cea mai simplă.

De ce resping Poincaré și alți cercetători echivalența evidentă a corpurilor practic rigide ale experienței și a corpurilor geometrice? Pur și simplu deoarece corpurile reale solide din natură nu sînt, la o considerare mai atentă, rigide, deoarece comportarea lor geometrică, adică posibilitățile lor de așezare relative depind de temperatură, forțe exterioare și așa mai departe. Cu aceasta relația originară, nemijlocită dintre geometrie și realitatea fizică pare să fie distrusă și ne simțim împinși spre următoarea concepție mai generală, ce caracterizează punctul de vedere al lui Poincaré: geometria (G) nu spune nimic despre comportarea lucrurilor reale, ci numai geometria împreună cu suma legilor fizice (F). Simbolic putem spune că numai suma (G) + (F) se supune controlului experienței. Putem deci să alegem în mod arbitrar pe G, ca și părți din F; toate aceste legi sînt convenții. Pentru evitarea contradicțiilor este necesar să alegem restul lui (F) în așa fel, încît (G) și întregul (F), luate împreună, să fie în acord cu experiența. În această concepție, geometria axiomatică și o parte a legilor naturii, ridicate la rangul de convenții, apar drept echivalente din punct de vedere epistemologic.

Sub specie aeterni Poincaré are, după părerea mea, dreptate. Conceptul de etalon de măsurare, ca și conceptul ceasor-

nicului de măsurat, ce îi este coordonat în teoria relativității, nu găsesc în lumea reală un obiect care să le corespundă în mod exact. Este de asemenea clar că nici corpurile rigide, nici ceasornicul nu joacă rolul de elemente ireductibile ale construcției conceptuale a fizicii, ci rolul unor structuri corelate ce nu au voie să joace un rol de sine stătător în construcția fizicii teoretice. Convingerea mea este însă că, în actualul stadiu de dezvoltare a fizicii teoretice, aceste concepte trebuie să figureze ca noțiuni independente; căci sîntem încă departe de o cunoaștere asigurată a fundamentelor teoretice ale atomisticii astfel încît să putem da o construcție teoretică exactă acestor structuri.

Cît privește, mai departe, obiecția că în natură nu există corpuri cu adevărat rigide și că însușirile atribuite acestora nu privesc realitatea fizică, această obiecție nu este cîtuși de puțin atît de profundă cum s-ar putea crede la o examinare fugitivă [2]. Căci nu este greu să stabilim starea fizică a unui instrument de măsurat cu atîta precizie încît comportarea lui față de așezarea relativă a altor instrumente de măsurat să devină destul de univocă, permițîndu-ne să-l substituim corpului „rigid". La asemenea instrumente de măsurat vor trebui raportate enunțurile despre corpuri rigide.

Orice geometrie practică se sprijină pe un principiu accesibil experienței pe care dorim să ni-l imaginăm acum. Vom numi *linie* distanța dintre două jaloane așezate pe un corp practic rigid. Ne imaginăm două corpuri practic rigide, pe fiecare fiind însemnată o linie. Aceste două linii vor trebui numite „egale una cu alta" dacă jaloanele uneia pot fi făcute să coincidă în mod constant cu jaloanele celeilalte. Se presupune acum că, dacă două linii sînt găsite egale o dată și într-un anumit loc, ele sînt egale întotdeauna și pretutindeni.

Pe aceste presupoziții se sprijină nu numai geometria euclidiană practică, ci și cea mai apropiată generalizare a ei, geometria riemanniană practică, și cu aceasta și teoria generală a relativității. Dintre temeiurile empirice ce vorbesc în favoarea acestor presupoziții voi expune aici unul singur. Fenomenul propagării luminii în spațiul vid pune în corespondență cu orice interval spațiu-timp o linie, adică drumul corespunzător al luminii, și invers. Legat de aceasta, presupunerea indicată mai sus pentru linii trebuie să fie valabilă în teoria relativității și pentru intervale de timp măsurate de ceasornice. În acest caz, ea poate fi formulată astfel:

dacă două ceasornice ideale merg la fel de repede undeva și cîndva (ele fiind nemijlocit învecinate), ele merg la fel de repede întotdeauna, indiferent unde și cînd au fost ele comparate în același loc. Dacă această propoziție nu ar fi valabilă pentru ceasornicele naturale, atunci frecvențele proprii atomilor individuali ai aceluiași element chimic nu ar coincide atît de exact unele cu altele cum o arată experiența. Existența liniilor spectrale nete constituie o probă empirică convingătoare pentru numitul principiu al geometriei practice. De aceea, în cele din urmă, putem vorbi cu sens de o metrică riemanniană a continuului cvadridimensional spațiu-timp.

Problema dacă acest continuu este euclidian sau adecvat schemei riemanniene generale sau altfel structurat este, potrivit concepției susținute aici, o problemă propriu-zis fizică, la care răspunsul trebuie să-l dea experiența, și nu este, deci, problema unei convenții ce urmează să fie aleasă pe temeiuri de convenabilitate [3]. Geometria riemanniană va fi valabilă exact atunci cînd legile de așezare a corpurilor practic rigide trec tot mai exact în cele ale corpurilor geometriei euclidiene în măsura în care mărimile domeniului spațio-temporal considerat se micșorează.

Interpretarea fizică a geometriei prezentată aici eșuează, este adevărat, în aplicarea ei imediată la spații de mărimi submoleculare. Ea își păstrează totuși o parte din semnificația ei și pentru problemele constituției particulelor elementare. Căci se poate încerca să se atribuie semnificație fizică conceptelor cîmpului, care au fost definite pentru descrierea geometrică a comportării corpurilor mai mari decît molecula și atunci cînd este vorba de descrierea particulelor electrice elementare din care este constituită substanța materială. Numai succesul poate decide asupra îndreptățirii unei asemenea încercări ce acordă realitate fizică conceptelor de bază ale geometriei riemanniene dincolo de domeniul lor de aplicare fizic definit. Este posibil să rezulte că această extrapolare este tot atît de puțin oportună ca și cea a conceptului de temperatură asupra părților unui corp de mărime moleculară.

Mai puțin problematică apare extinderea conceptelor geometriei practice asupra spațiilor de mărime cosmică. S-ar putea desigur obiecta că o construcție formată din vergele rigide se îndepărtează cu atît mai mult de idealul rigidității

cu cît întinderea ei spațială este mai mare. Cu greu s-ar putea însă atribui o semnificație principială acestei obiecții. De aceea, întrebarea dacă lumea este spațial finită sau nu, mi se pare o problemă pe de-a-ntregul rezonabilă în sensul geometriei practice. Nici măcar nu mi se pare exclus ca, într-un viitor previzibil, această întrebare să primească un răspuns din partea astronomiei. Să ne reamintim ce ne învață în această privință teoria generală a relativității. Potrivit ei există două posibilități:

1. Lumea este spațial infinită. Acest lucru este posibil numai dacă densitatea spațială medie a materiei concentrate in stele dispare, adică dacă relația dintre masa totală a stelelor și mărimea spațiului în care sînt ele împrăștiate se apropie nelimitat de valoarea zero, dacă spațiile considerate sînt tot mai mari.

2. Lumea este spațial finită. Acesta trebuie să fie cazul dacă există o densitate medie diferită de zero a materiei ponderabile în univers. Volumul universului este cu atît mai mare cu cît această densitate medie este mai mică.

Nu vreau să trec cu vederea că pentru ipoteza finității lumii poate fi revendicat un temei teoretic. Teoria generală a relativității arată că inerția unui anumit corp este cu atît mai mare cu cît în vecinătatea sa se găsește mai multă masă ponderabilă; de aceea pare foarte firesc să reducem întreaga inerție a unui corp la interacțiuni între el și celelalte corpuri ale lumii, tot așa cum, încă de la Newton, greutatea a fost în întregime redusă la interacțiuni între corpuri. Din ecuațiile teoriei generale a relativității se poate deduce că această reducere totală a inerției la interacțiunea dintre mase — așa cum a cerut-o, de exemplu, Ernst Mach — este cu putință numai dacă lumea este spațial finită.

Acest argument nu are nici o înrîurire asupra multor fizicieni și astronomi. Dacă, în cele din urmă, numai experiența poate decide care din cele două posibilități se realizează în natură, se pune întrebarea: cum poate experiența să ofere un răspuns? S-ar putea crede, mai întîi, că densitatea medie a materiei ar putea fi determinată prin observarea părții din univers accesibile percepției noastre. Această nădejde este înșelătoare. Distribuția stelelor vizibile este deosebit de neregulată, astfel încît în nici un caz nu putem cuteza să echivalăm densitatea medie a materiei stelare în univers cu den-

sitatea medie a Căii Lactee. Și, oricît de mare ar fi spațiul cercetat, putem întotdeauna bănui că în afara acestui spațiu mai există și alte stele. O evaluare a densității medii ne apare, așadar, drept exclusă.

Există și o a doua cale, ce mi se pare mai accesibilă, chiar dacă este și ea presărată cu mari greutăți. Dacă ne întrebăm care sînt abaterile consecințelor teoriei generale a relativității față de teoria lui Newton, abateri accesibile observației noastre, rezultă mai întîi o abatere ce se produce la o mare apropiere de masa gravitațională, o abatere care a putut fi confirmată în cazul planetei Mercur. Pentru cazul în care lumea este spațial finită există însă și o a doua abatere față de teoria newtoniană, care se poate exprima astfel în limbajul teoriei newtoniene: Cîmpul gravitațional este în așa fel alcătuit, încît pare să fi fost generat, în afară de masa ponderabilă și de o densitate a masei cu sens negativ care este repartizată uniform în spațiu. Deoarece această masă imaginară trebuie să fie extrem de mică, ea ar putea fi observată numai în sisteme gravitaționale de mare întindere.

Să presupunem că am cunoaște repartiția statistică a stelelor în Calea Lactee, ca și masa acestora. Atunci am putea calcula, după legea lui Newton, cîmpul gravitațional ca și viteza medie pe care trebuie să o aibă stelele pentru ca, datorită interacțiunii lor, Calea Lactee să nu se prăbușească, ci să-și mențină întinderea. Dacă însă vitezele medii reale ale stelelor ce se pot măsura ar fi mai mici decît cele calculate, am avea proba că atracțiile reale la distanțe mari sînt mai mici decît cele conforme legii lui Newton. Printr-o asemenea abatere s-ar putea dovedi indirect caracterul finit al lumii și s-ar evalua chiar mărimea ei spațială.

NOTE

1. Este vorba de lucrarea lui M. Schlick, *Allgemeine Erkenntnislehre*, Verlag von Julius Springer, Berlin, prima ediție 1918, a doua ediție 1925.

2. Critica concepției convenționaliste asupra geometriei, în formularea pe care i-a dat-o H. Poincaré, așa cum este ea dezvoltată în

acest text poate fi comparată cu discuţia imaginată de Einstein în *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum*, între un susţinător şi un critic al concepţiei convenţionaliste asupra geometriei.

3. Raţiunile examenului critic la care supune Einstein ideea caracterului convenţional al alegerii geometriei utilizate în descrierea spaţiului fizic, idee legată de numele lui Poincaré, apar aici cu multă claritate. Descrierea metricii spaţiului în teoria generalizată a relativităţii primeşte semnificaţie fizică şi, totodată, filozofică numai dacă admitem supoziţia că adoptarea unei geometrii euclidiene sau neeuclidiene pentru descrierea fizică este o chestiune în care decide experienţa, şi nu o convenţie „ce urmează să fie aleasă pe temeiuri de convenabilitate".

MECANICA LUI NEWTON ŞI INFLUENŢA EI ASUPRA EVOLUŢIEI FIZICII TEORETICE

Se împlinesc în aceste zile două sute de ani de cînd Newton a închis ochii pentru totdeauna. Într-un asemenea moment simţim nevoia să evocăm memoria acestui spirit luminos, care a determinat structurile gîndirii, cercetării şi practicii occidentale aşa cum n-a făcut-o nimeni înaintea lui sau după el. Newton n-a fost doar un genial descoperitor al unor metode speciale de o mare semnificaţie, el a dominat, de asemenea, într-o manieră unică faptele empirice cunoscute la acea vreme şi a fost fantastic de inventiv în privinţa metodelor matematice sau fizice de demonstraţie aplicabile în situaţii fizice particulare. Pentru toate acestea el este demn de veneraţia noastră cea mai profundă. Figura lui Newton are însă o importanţă şi mai mare decît cea care ţine de geniul său intrinsec, datorită faptului că destinul l-a plasat într-un punct crucial al istoriei spiritului uman. Pentru a ne da seama în mod clar de aceasta, trebuie să ne reamintim că înaintea lui Newton nu exista un sistem bine definit al cauzalităţii fizice capabil de a reprezenta vreuna dintre cele mai adînci trăsături ale lumii fizice.

După cum se ştie, marii materialişti ai antichităţii greceşti au pretins ca toate procesele materiale să fie reduse la desfăşurarea legică a mişcărilor atomilor, reglată strict, fără a admite intervenţia voinţei fiinţelor vii drept cauză de sine stătătoare. De asemenea, Descartes a reluat în modul său specific acest proiect. Dar el a rămas o dorinţă îndrăzneaţă, idealul problematic al unei şcoli filozofice. Rezultate reale, apte de a da un temei ideii existenţei unui lanţ neîntrerupt al cauzalităţii fizice, nu existau deloc înaintea lui Newton.

Scopul lui Newton a fost să răspundă la întrebarea: există o regulă simplă după care să se poată calcula în mod complet mişcările corpurilor cereşti din sistemul nostru planetar, atunci cînd se cunoaşte starea de mişcare a tuturor acestor corpuri la un moment dat? Legile empirice ale lui Kepler cu privire la mişcarea planetelor, stabilite pe baza observaţiilor lui Tycho Brahe, fuseseră deja enunţate şi necesitau o explicaţie *. Aceste legi, este adevărat, dădeau un răspuns complet la întrebarea, *cum* se mişcă planetele în jurul Soarelui (forma de elipsă a orbitelor, egalitatea ariilor pe care le parcurge raza în timpi egali, relaţia dintre semiaxele mari şi perioada de rotaţie în jurul Soarelui). Dar aceste reguli nu satisfăceau exigenţa cauzalităţii. Ele reprezintă trei reguli logic independente, fără vreo conexiune internă reciprocă. Legea a treia nu poate fi pur şi simplu aplicată în mod cantitativ altor corpuri centrale decît Soarelui (nu există, cu alte cuvinte, nici o relaţie între perioada de rotaţie a unei planete în jurul Soarelui şi aceea a unui satelit în jurul planetei sale). Totuşi, aspectul cel mai important este următorul: aceste legi se referă la mişcarea luată ca întreg şi nu la problema *modului în care o stare a mişcării unui sistem o generează pe cea care urmează în mod nemijlocit în timp*; aceste legi sînt, cum spunem astăzi, legi integrale şi nu legi diferenţiale.

Legea diferenţială este singura formă care satisface pe deplin exigenţa cauzalităţii proprie fizicianului modern. Conceperea clară a legii diferenţiale este una dintre cele mai mari realizări intelectuale a lui Newton. Pentru aceasta era necesar nu doar gîndul lui, ci şi un formalism matematic, care, e drept, exista într-o formă rudimentară, dar care cerea o formă sistematică. Newton a găsit şi acest formalism prin calculul diferenţial şi integral. Nu vom discuta aici dacă Leibniz a ajuns la aceleaşi metode matematice independent de Newton sau nu. În orice caz, pentru Newton perfecţionarea acestora a reprezentat o necesitate, deoarece numai ele i-ar fi putut oferi instrumentul adecvat pentru exprimarea ideilor sale.

Galilei făcuse deja un pas important în cunoaşterea legilor mişcării. El a descoperit legea inerţiei şi legea căderii libere

---

* Astăzi toată lumea ştie ce muncă imensă a necesitat descoperirea acestor legi pornind de la orbitele constatate empiric. Dar puţini reflectă asupra metodei geniale prin care Kepler a dedus orbitele reale pornind de la cele aparente, adică de la cele date de observaţiile efectuate de pe Pămînt (*n. trad.*).

a corpurilor în cîmpul gravitațional al Pămîntului: o masă (mai exact, un punct material) care nu e supusă influențelor altor mase se mișcă uniform și rectiliniu în cîmpul de gravitație al Pămîntului; viteza unui corp în cădere liberă verticală crește proporțional cu timpul. Astăzi, s-ar putea să ni se pară că doar un mic pas desparte legea de mișcare a lui Newton de descoperirile lui Galilei. Trebuie însă să observăm că cele două enunțuri de mai sus se referă, prin forma lor, la mișcare ca întreg, pe cînd legea de mișcare a lui Newton oferă un răspuns la întrebarea: cum se exprimă starea de mișcare a unui punct material *într-un timp infinit de mic* sub influența unei forțe exterioare? Numai prin trecerea la considerarea fenomenelor într-un timp infinit mic (legea diferențială) a ajuns Newton la acea formulare care este valabilă pentru orice fel de mișcări. El a împrumutat ideea de forță din știința extrem de dezvoltată a staticii. Pentru el conexiunea dintre forță și accelerație a devenit posibilă numai prin introducerea noului concept al masei care, în mod curios, se întemeia pe o pseudo-definiție. Astăzi sîntem atît de obișnuiți cu formarea unor concepte ce corespund unor derivate, încît nu mai putem aprecia ce remarcabilă putere de abstracție a fost necesară pentru a obține legea diferențială generală a mișcării printr-o derivare de ordinul doi, în timp ce conceptul de masă trebuia, mai întîi, inventat.

Cu aceasta ne aflăm încă departe de obținerea unei înțelegeri cauzale a proceselor de mișcare. Deoarece mișcarea era determinată prin ecuația de mișcare numai în cazul în care forța era dată. Inspirat probabil de legitățile mișcării planetelor, Newton a conceput ideea că forța ce acționează asupra unei mase e determinată de poziția tuturor maselor situate la o distanță suficient de mică de masa respectivă. Numai după ce această relație a fost cunoscută a devenit posibilă o înțelegere pe deplin cauzală asupra proceselor mișcării. Este cunoscut modul în care Newton, pornind de la legile mișcării planetelor ale lui Kepler, a rezolvat această problemă pentru gravitație, descoperind astfel identitatea de natură dintre forțele motrice ce acționează asupra astrelor și gravitație. Numai prin combinarea Legii mișcării cu Legea atracției s-a constituit acest minunat edificiu de gîndire ce face posibilă calcularea stării trecute și a celei viitoare a unui sistem din starea sa la un moment dat, în măsura în care eve-

nimentele se produc numai sub influența forțelor gravitaționale. Unitatea logică a sistemului conceptual al lui Newton constă în aceea că singurele lucruri care apar drept cauze ale accelerației maselor unui sistem sînt *înseși aceste mase*.

Pe temeiul acestor principii schițate aici Newton a reușit să explice mișcarea planetelor, sateliților și cometelor pînă în cele mai mici amănunte, apoi fluxul și refluxul, mișcarea de precesie a Pămîntului — o realizare deductivă de o măreție unică. O mare admirație a produs descoperirea identității dintre cauzele mișcării corpurilor cerești și greutate, fenomen cu care sîntem atît de obișnuiți în viața cotidiană.

Importanța realizării lui Newton nu s-a limitat însă la faptul că el a creat o bază efectivă și logic satisfăcătoare pentru știința mecanică; pînă la sfîrșitul secolului al XIX-lea aceasta a constituit programul oricărei cercetări desfășurate în domeniul fizicii teoretice. Toate fenomenele fizice trebuiau reduse la mase ce se supuneau legilor newtoniene de mișcare. Legea forței trebuia pur și simplu extinsă și aplicată la orice tip de fapte considerate. Newton însuși a încercat să aplice acest program în optică, presupunînd că lumina consistă din corpuscule inerte. Însăși teoria opticii ondulatorii folosea legea de mișcare a lui Newton, după ce aceasta a fost aplicată maselor răspîndite continuu. Ecuațiile de mișcare ale lui Newton reprezentau unica bază pentru teoria cinetică a căldurii, care nu numai că a pregătit terenul pentru descoperirea legii conservării energiei, dar a condus, de asemenea, la o teorie a gazelor care a fost confirmată pînă în cele mai mici detalii și la o idee mai profundă asupra naturii legii a doua a termodinamicii. Teoria electricității și magnetismului s-a dezvoltat, de asemenea, pînă în vremurile moderne sub imperiul ideilor fundamentale ale lui Newton (substanță electrică și magnetică, forțe ce acționează la distanță). Chiar și revoluția produsă în electrodinamică și optică de Faraday și Maxwell, care a reprezentat primul mare progres principial la nivelul fundamentelor fizicii teoretice după Newton, s-a realizat sub totala orientare a ideilor lui Newton. Maxwell, Boltzmann, lordul Kelvin n-au ezitat să reducă cîmpurile electromagnetice și acțiunile lor dinamice reciproce la acțiunea mecanică a unor mase ipotetice răspîndite în mod continuu. Totuși, ca urmare a sterilității sau cel puțin a lipsei de succes a acestor eforturi s-a produs în mod progresiv, încă de la sfîrșitul secolului trecut, o revoluționare a reprezentărilor

de bază: fizica teoretică a depășit cadrul conceptual newtonian care asigurase stabilitatea și ghidase gîndirea științifică timp de aproape două secole.

Principiile fundamentale ale lui Newton au fost atît de satisfăcătoare din punct de vedere logic, încît impulsul de înnoire nu putea apare decît sub presiunea unor fapte de experiență. Înainte de a mă ocupa mai îndeaproape de acest aspect, trebuie să subliniez că însuși Newton era mult mai conştient de anumite slăbiciuni ale edificiului său intelectual decît au fost generațiile de savanți ce l-au urmat. Acest fapt mi-a provocat întotdeauna admirație plină de respect. Aş dori de aceea să mă opresc pe scurt asupra acestora.

I. În ciuda faptului că efortul lui Newton de a-și prezenta sistemul de idei ca fiind în mod necesar determinat de experiență și de a introduce cît mai puține concepte ce nu se referă direct la obiecte empirice este peste tot evident, el a formulat conceptele de spațiu absolut și de timp absolut, care i-au fost adesea reproșate în anii noștri. Dar tocmai în acest punct este Newton în mod deosebit consecvent. El a recunoscut faptul că mărimile geometrice observabile (distanțele între punctele materiale) și evoluția lor în timp nu caracterizează în mod complet mișcarea din punct de vedere fizic. El a demonstrat aceasta prin faimosul experiment cu găleata cu apă în rotație. Ca urmare, pe lîngă mase și distanțele lor ce variază în timp, trebuie să mai existe ceva care determină mișcarea. Acest „ceva" a fost considerat de el ca fiind relația cu „spațiul absolut". El a admis că spațiul trebuie să posede un gen de realitate fizică pentru ca legile de mișcare formulate de el să poată avea semnificație, o realitate de același gen cu aceea a punctelor materiale și a distanțelor dintre ele.

Această concepție clară ne relevă atît înțelepciunea lui Newton cît și un aspect slab al teoriei sale. Structura logică a acestei teorii ar fi fost cu siguranță mai satisfăcătoare fără acest concept vag; în acest caz, în formularea legilor ar fi trebuit să apară numai obiecte a căror relație cu percepția era perfect clară (punctele materiale, distanțele).

II. Introducerea forțelor acționînd direct și instantaneu la distanță pentru a reprezenta efectele gravitației nu corespunde caracterului majorității fenomenelor pe care le cunoaştem

din experiența obișnuită. Newton a răspuns acestei obiecții indicînd faptul că legea sa a atracției gravitaționale nu putea să constituie o explicație definitivă a fenomenelor, ci doar o regulă derivată prin inducție din experiență.

III. Teoria lui Newton nu oferea o explicație pentru faptul cu totul straniu că greutatea și inerția unui corp sînt determinate de aceeași mărime (masa). Natura stranie a acestui fapt l-a frapat și pe Newton.

Nici unul dintre aceste trei puncte nu constituie o obiecție logică împotriva teoriei; ele nu reprezintă, într-o anumită măsură, decît deziderate neîmplinite ale spiritului științific în lupta lui pentru pătrunderea completă și unitară prin gîndire a fenomenelor naturale.

Pentru doctrina newtoniană a mișcării, considerată ca program pentru întreaga fizică teoretică, primul șoc a venit din partea teoriei electricității a lui Maxwell. A devenit astfel clar că acțiunile reciproce dintre corpuri datorate forțelor electrice și magnetice sînt realizate nu prin forțe ce acționează instantaneu la distanță, ci prin intermediul unor procese ce se propagă în spațiu cu viteză infinită. Faraday a introdus, pe lîngă punctul material și mișcarea lui, un nou tip de entitate fizică reală, și anume „cîmpul“. S-a încercat mai întîi, pe baza modului de gîndire mecanic, să se interpreteze acest nou concept ca o stare mecanică (a mișcării sau a forței) a unui mediu ipotetic care umple spațiul (eterul). Dar atunci cînd, în ciuda celor mai intense eforturi, această interpretare a eșuat, oamenii au trebuit să accepte treptat cîmpul electromagnetic, ca ultimă cărămidă de construcție ireductibilă a realității fizice. Îi datorăm lui H. Hertz eliberarea conceptului de cîmp de orice accesoriu provenind din arsenalul concepției mecaniste, și lui H. A. Lorentz eliberarea de orice purtător material, singurul purtător al cîmpului rămînînd spațiul fizic vid (sau eterul), care nici în mecanica lui Newton nu era deposedat de orice funcție fizică. În momentul în care această evoluție se încheiase, nimeni nu mai credea în forțe care acționează nemijlocit și instantaneu la distanță, nici chiar în domeniul gravitației, chiar dacă pentru acesta nu se schițase încă o teorie de cîmp indiscutabilă, din lipsa unor cunoștințe empirice suficiente. Evoluția teoriei electro-

magnetice a cîmpului a condus — de îndată ce ipoteza newtoniană a forțelor ce acționează la distanță a fost abandonată — la tentativa de a explica legea de mișcare newtoniană în termenii electromagnetismului, respectiv de a o înlocui printr-una mai exactă fundată pe teoria cîmpului. Deși aceste încercări n-au dus la un succes deplin, conceptele fundamentale ale mecanicii au încetat să mai fie considerate ca piatră de temelie a imaginii lumii fizice.

Teoria lui Maxwell-Lorentz a condus în mod necesar la teoria specială a relativității, care, abandonînd ideea simultaneității absolute, a exclus existența unor forțe ce acționează la distanță. Din această teorie a rezultat că masa nu mai reprezintă o mărime invariabilă, ci una care depinde de (fiind chiar echivalentă cu) mărimea conținutului de energie. Ea a arătat, de asemenea, că legea de mișcare a lui Newton va trebui considerată ca o lege-limită aplicabilă numai pentru viteze mici; în locul ei a fost introdusă o nouă lege de mișcare în care viteza luminii în vid intervine ca o viteză-limită.

Teoria generală a relativității a reprezentat ultimul pas în dezvoltarea programului teoriei cîmpului. Din punct de vedere cantitativ ea a modificat foarte puțin teoria lui Newton, dar din punct de vedere calitativ ea i-a adus modificări cu atît mai profunde. Inerția, gravitația și comportarea metrică a corpurilor și ceasurilor au fost reduse la o calitate unitară a cîmpului; acest cîmp, la rîndul lui, a fost pus în dependență de corpuri (generalizarea legii gravitației a lui Newton, respectiv a legii cîmpului care-i corespundea, așa cum a fost formulată de Poisson). Prin aceasta timpul și spațiul au fost deposedate nu de realitatea lor, ci de caracterul lor de absolut cauzal (un absolut ce influența materia, dar nu era afectat de influența ei), pe care Newton a fost obligat să li-l acorde pentru a putea formula legile cunoscute atunci. Legea generalizată a inerției preia rolul legii de mișcare a lui Newton. Această scurtă explicație e suficientă pentru a evidenția modul în care elementele teoriei newtoniene sînt transferate în teoria generală a relativității prin care cele trei defecte semnalate mai sus sînt depășite. Este posibil ca, în cadrul acestei ultime teorii, legea de mișcare să poată fi dedusă din legea cîmpului corespunzătoare legii newtoniene a forțelor. Numai după ce se va realiza acest obiectiv se va putea vorbi de o teorie pură a cîmpului.

Mecanica lui Newton a deschis drumul pentru teoria cîmpului şi într-un sens mai formal. Aplicarea mecanicii lui Newton unor mase ce se distribuie în mod continuu a condus în mod necesar la descoperirea şi folosirea ecuaţiilor diferenţiale parţiale, care, la rîndul lor, au putut oferi prima expresie adecvată legilor teoriei cîmpului. Din punct de vedere formal, concepţia lui Newton asupra legii diferenţiale a reprezentat primul pas decisiv pentru dezvoltarea ulterioară.

Întreaga evoluţie a ideilor noastre despre procesele naturii de care a fost vorba mai sus poate fi privită ca o dezvoltare organică a ideilor lui Newton. Dar, în timp ce procesul perfecţionării teoriei cîmpului se afla încă în deplină desfăşurare, faptele radiaţiei termice, spectrele, radioactivitatea etc. au pus în evidenţă o limită a posibilităţii de a utiliza întregul sistem de idei, limită ce ne apare încă şi azi de netrecut în ciuda succesului imens înregistrat în rezolvarea unor aspecte particulare. Mulţi fizicieni susţin — şi au argumente puternice — că în faţa acestor fapte eşuează nu doar legea diferenţială, ci însăşi legea cauzalităţii — pînă în prezent postulatul fundamental al întregii ştiinţe. Este negată însăşi posibilitatea unei construcţii spaţio-temporale care ar putea fi pusă în corespondenţă în mod univoc cu procesele fizice. Faptul că un sistem mecanic admite doar valori discrete sau stări discrete ale energiei — aşa cum rezultă direct din experienţă — pare la prima vedere greu de dedus dintr-o teorie de cîmp care operează cu ecuaţii diferenţiale. Metoda L. de' Broglie-Schrödinger, care într-un anumit sens are caracterul unei teorii de cîmp, deduce într-adevăr pe baza ecuaţiilor diferenţiale, printr-un gen de consideraţii de rezonanţă, doar existenţa unor stări discrete, într-un uimitor acord cu faptele de experienţă. Dar această metodă trebuie să renunţe la localizarea particulelor materiale şi la legi strict cauzale. Cine îşi îngăduie însă azi să decidă dacă legea cauzalităţii şi legea diferenţială, aceste premise ultime ale concepţiei newtoniene asupra naturii, vor trebui definitiv abandonate?

JOHANNES KEPLER

În epoci pline de griji şi frămîntate cum este epoca noastră, cînd cu greu pot fi găsite motive de bucurie legate de oameni şi de desfăşurarea activităţilor umane, ne putem consola evocînd amintirea unui om atît de mare şi senin cum a fost Kepler. El a trăit într-o vreme cînd existenţa unei legităţi generale privind desfăşurarea fenomenelor naturale nu era în nici un caz acceptată fără rezerve. Cît de mare trebuie să fi fost credinţa în această legitate pentru ca ea să-i fi dat forţa necesară de a consacra, în singurătate, zeci de ani unei munci dificile şi răbdătoare de cercetare empirică a mişcării planetelor şi a legilor matematice ale acestei mişcări, fără a avea nici sprijin şi nici înţelegere din partea contemporanilor. Dacă dorim să-i cinstim cum se cuvine memoria, va trebui să ne reprezentăm clar problema cu care s-a confruntat şi să stabilim cît mai exact stadiile rezolvării ei.

Copernic atrăsese deja atenţia celor mai înalte spirite asupra faptului că am putea dobîndi o înţelegere clară a mişcărilor aparente ale planetelor considerînd aceste mişcări drept mişcări de rotaţie ale planetelor în jurul Soarelui, presupus imobil. Dacă planetele s-ar mişca uniform şi în cerc în jurul Soarelui situat în centru, ar fi relativ uşor să se descopere cum arată de pe Pămînt aceste mişcări. Cum însă era vorba de fenomene mult mai complicate, problema s-a dovedit a fi mult mai dificilă. Primul lucru ce trebuia făcut era să se determine aceste mişcări în mod empiric din observaţiile lui Tycho Brahe asupra planetelor. Numai atunci se putea pune problema de a descoperi legile generale pe care le satisfac aceste mişcări.

Pentru a sesiza cu cîtă greutate puteau fi determinate mişcările reale de rotaţie, va trebui să ne edificăm asupra următoarei situaţii: nu putem vedea niciodată unde se găseşte efectiv o planetă într-un moment anumit, ci doar în ce direcţie este ea observată de pe Pămînt, acesta din urmă descriind, la rîndul lui, o curbă de natură necunoscută în jurul Soarelui. Dificultăţile păreau deci insurmontabile.

Kepler a trebuit să descopere o cale pentru a introduce ordinea în acest haos. El a înţeles că în primul rînd trebuia determinată mişcarea Pămîntului. Acest lucru ar fi fost pur şi simplu imposibil, dacă ar fi existat doar Soarele, Pămîntul şi stelele fixe, nu însă şi celelalte planete, deoarece în acest caz nu s-ar fi putut determina empiric decît modul cum se modifică în timpul anului direcţia dreptei care leagă Pămîntul şi Soarele (mişcarea aparentă a Soarelui în raport cu stelele fixe). Se putea descoperi astfel că toate aceste direcţii Soare-Pămînt se află într-un plan staţionar în raport cu stelele fixe, cel puţin în conformitate cu precizia observaţiilor efectuate în acele vremi, cînd nu existau telescoape. Pe această cale se putea determina, de asemenea, în ce fel se roteşte în jurul Soarelui linia de legătură Soare-Pămînt. S-a constatat că viteza unghiulară a acestei mişcări se modifică regulat în timpul anului. Dar aceasta nu putea fi încă de mare ajutor atîta timp cît nu se cunoştea variaţia anuală a distanţei Soare-Pămînt. Numai atunci cînd aceste modificări anuale au fost cunoscute, s-a descoperit forma reală a orbitei Pămîntului precum şi modul în care este descrisă aceasta.

Kepler a găsit o cale admirabilă de a ieşi din această dilemă. Mai întîi, din observaţiile asupra Soarelui rezulta că viteza mersului aparent al Soarelui în raport cu fondul stelelor fixe era diferită în diferite perioade ale anului, dar că viteza unghiulară a acestei mişcări era mereu aceeaşi în aceeaşi perioadă a anului astronomic şi ca urmare viteza de rotaţie a liniei drepte de legătură Soare-Pămînt era întotdeauna aceeaşi dacă era raportată la aceeaşi regiune a stelelor fixe. Se putea deci admite că orbita Pămîntului, pe care Pămîntul o parcurge în acelaşi fel în fiecare an, era o orbită *închisă în sine* — fapt ce nu era evident *a priori*. Pentru partizanii sistemului lui Copernic devenea aproape cert că această explicaţie trebuie să fie valabilă şi pentru orbitele celorlalte planete.

Aceasta constituia deja un pas înainte. Dar cum să se determine forma reală a orbitei Pămîntului? Să ne imaginăm prezența într-un loc al planului orbitei a unei lanterne puternice M, despre care știm că rămîne permanent în același loc și formează astfel un gen de punct fix de triangulație pentru a se determina orbita Pămîntului, un punct pe care locuitorii Pămîntului l-ar putea viza în fiecare perioadă a anului. Să admitem că această lanternă M se află la o distanță mai mare de Soare decît de Pămînt. Cu ajutorul unei asemenea lanterne se putea determina orbita Pămîntului, și anume în felul următor:

Mai întîi, în fiecare an există un moment cînd Pămîntul P se află exact pe linia care leagă Soarele S și lanterna M. În acel moment, vizînd de pe Pămînt P lanterna M, linia astfel obținută va fi în același timp direcția SM (Soare-Lanternă). Să admitem că această direcție va fi marcată pe cer. Apoi să ne imaginăm Pămîntul într-o poziție diferită și la un moment diferit. Deoarece atît lanterna M, cît și Soarele S, pot fi văzute de pe Pămînt, unghiul P din triunghiul SPM ar putea fi cunoscut. Dar, prin observații directe asupra Soarelui, noi cunoaștem de asemenea și direcția lui SP în raport cu stelele fixe, în timp ce direcția liniei de legătură SM în raport cu stelele fixe a fost determinată dinainte pentru totdeauna. Dar în triunghiul SPM cunoaștem și unghiul S. Ca urmare, alegînd în mod liber o bază SM, putem trasa pe hîrtie triunghiul SPM: pe baza cunoașterii unghiurilor P și S. Putem repeta acest lucru la intervale diferite în cursul anului; de fiecare dată vom obține pe hîrtie o localizare a Pămîntului P cu momentul temporal corespunzător în raport cu linia de bază SM stabilită odată pentru totdeauna. Orbita Pămîntului va fi astfel determinată empiric, nu însă și dimensiunea ei absolută.

Dar, veți întreba, de unde a luat Kepler această lanternă? Geniul său și natura, binevoitoare în acest caz, i-au oferit-o. Exista, de exemplu, planeta Marte a cărei revoluție anuală era cunoscută. Se ajunge uneori ca Pămîntul, Soarele și Marte să se afle exact în linie dreaptă și această poziție a lui Marte se repetă după fiecare an marțian, deoarece Marte parcurge o traiectorie închisă. În aceste momente cunoscute, SM reprezintă întotdeauna aceeași linie de bază, în timp ce Pămîntul se află mereu într-un alt punct al orbitei sale. Observațiile asupra Soarelui și lui Marte, în momentele respective,

furnizează ca urmare un mijloc de a determina orbita adevărată a Pămîntului, planeta Marte jucînd atunci rolul lanternei noastre fictive. Astfel a descoperit Kepler forma adevărată a orbitei Pămîntului şi modul în care acesta o descrie; nouă tuturor celorlalţi, născuţi mai tîrziu, europeni, germani sau şvabi nu ne rămîne decît să-l admirăm şi să-l preţuim pentru aceasta.

Odată determinată empiric orbita Pămîntului, puteau fi cunoscute poziţia şi lungimea reale ale liniei SP în orice moment; pentru Kepler nu mai era atît de dificil să calculeze, pe baza observaţiilor, orbitele şi mişcările celorlalte planete, cel puţin în principiu. A fost necesară desigur o muncă imensă, mai ales dacă ţinem seama de stadiul de atunci al matematicii.

Rămînea cea de-a doua parte, nu mai puţin dificilă, a operei căreia Kepler îi dedicase întreaga sa viaţă. Orbitele erau cunoscute empiric, mai trebuiau deduse legile lor din aceste date empirice. Trebuia formulată o ipoteză asupra naturii matematice a curbei descrise de orbită şi după aceea verificată pe baza imensului număr de date; dacă rezultatele nu concordau, se imagina o nouă ipoteză şi se relua verificarea. După nesfîrşite căutări, o ipoteză confirmată: orbita este o elipsă; în centrul ei se află Soarele. El a găsit şi legea potrivit căreia viteza se modifică în timpul rotaţiei, în aşa fel încît linia planetă-Soare acoperă suprafeţe egale în intervale de timp egale. În fine, Kepler a descoperit că pătratele perioadelor de revoluţie sînt proporţionale cu cuburile axelor mari ale elipselor.

Admiraţia noastră pentru acest om sublim se împleteşte cu un alt sentiment de admiraţie şi de veneraţie, care, însă, nu mai e legat de o fiinţă umană, ci de misterioasa armonie a naturii în care ne-am născut. Încă din antichitate, oamenii au imaginat curbe ale celor mai simple legi posibile: printre acestea, pe lîngă linia dreaptă şi cercul, elipsa şi hiperbola. Pe acestea din urmă le regăsim — cel puţin cu o mare aproximaţie — în orbitele corpurilor cereşti.

S-ar părea că raţiunea umană trebuie să construiască mai întîi, independent, formele, înainte de a le putea dovedi existenţa în natură. Din minunata operă de-o viaţă a lui Kepler înţelegem clar că experienţa simplă nu poate genera cunoaşterea, aceasta fiind produsă doar prin compararea creaţiilor spiritului cu faptele observaţiei.

INFLUENȚA LUI MAXWELL ASUPRA EVOLUȚIEI CONCEPȚIEI DESPRE REALITATEA FIZICĂ

Credința într-o lume exterioară independentă de subiectul cunoscător stă la baza întregii științe a naturii. Întrucît percepțiile ne dau numai o informație indirectă asupra acestei lumi exterioare sau asupra realității fizice (Physikalisch-Realen), aceasta nu poate fi sesizată de noi decît pe o cale speculativă. De aici decurge că concepțiile noastre asupra realității fizice nu pot fi niciodată definitive. Trebuie să fim permanent pregătiți să schimbăm aceste concepții — adică fundamentul axiomatic al fizicii — pentru a fi în acord cu faptele într-o modalitate perfectă din punct de vedere logic. De fapt, o privire sumară asupra dezvoltării fizicii ne arată că acest fundament axiomatic a suferit de-a lungul timpului modificări profunde[1].

Cea mai mare schimbare a bazei axiomatice a fizicii, cu alte cuvinte a concepției noastre cu privire la structura realității, de la întemeierea fizicii teoretice prin Newton, a fost provocată de cercetările lui Faraday și Maxwell asupra fenomenelor electromagnetice. În cele ce urmează vom încerca să prezentăm mai exact acest fapt examinînd atît evoluția anterioară a ideilor, cît și pe cea ulterioară.

În sistemul lui Newton realitatea fizică este caracterizată prin conceptele de timp, spațiu, punct material și forță (acțiunea reciprocă a punctelor materiale). Fenomenele fizice trebuie considerate, după Newton, mișcări ale punctelor materiale în spațiu guvernate de legi determinate. Punctul material este singurul nostru mod de a reprezenta realitatea în măsura în care aceasta se află în mișcare. Corpurile perceptibile au constituit, evident, punctul de plecare

în formarea conceptului punctului material; acesta a fost imaginat ca un analog al corpurilor mobile, abstracție făcînd de formă, întindere, orientare în spațiu, de toate proprietățile „intrinseci", păstrînd doar inerția și translația și adăugînd ideea de forță. Corpurile materiale, care au provocat psihologic formarea conceptului de „punct material", au fost considerate, la rîndul lor, ca sisteme de puncte materiale. Trebuie să menționăm că acest sistem teoretic este în esența sa atomist și mecanic. Orice fenomen trebuie conceput pur mecanic, adică în termenii mișcărilor simple ale punctelor materiale după legile de mișcare ale lui Newton.

Aspectul cel mai puțin satisfăcător al acestui sistem teoretic (lăsînd la o parte dificultățile implicate de conceptul de „spațiu absolut", rediscutate în ultima vreme) apare în special în teoria luminii, pe care Newton o concepea, în conformitate cu sistemul său, ca fiind compusă din puncte materiale. Încă de pe atunci se punea acut întrebarea: ce devin punctele materiale din care e compusă lumina atunci cînd aceasta este absorbită? Introducerea unor puncte materiale de tipuri diferite, postulate pentru a reprezenta materia ponderabilă, pe de o parte, și lumina, pe de altă parte, nu putea constitui o soluție satisfăcătoare. Mai tîrziu acestora li s-au adăugat corpusculii electrici ca un al treilea tip, avînd, la rîndul lui, caracteristici fundamental diferite. O altă slăbiciune a fundamentelor sistemului newtonian consta în aceea că forțele acțiunii reciproce prin care sînt determinate evenimentele trebuiau admise ipotetic într-o manieră absolut arbitrară. Cu toate acestea, concepția newtoniană asupra realității a fost deosebit de fecundă; cum se face că oamenii de știință s-au simțit tentați s-o abandoneze?

Pentru a putea da în general o formă matematică sistemului său, Newton a trebuit să inventeze noțiunea de derivată și să stabilească legile mișcării în forma ecuațiilor diferențiale totale — realizînd astfel, poate, cel mai mare progres îngăduit gîndirii vreunui om. Ecuațiile diferențiale parțiale nu erau necesare pentru aceasta; de aceea Newton nu le-a folosit în mod sistematic. Ele au devenit însă necesare pentru formularea mecanicii corpurilor deformabile, datorită faptului că, în aceste probleme, modul în care se presupunea că respectivele corpuri sînt construite din puncte materiale nu avea nici o importanță.

Astfel, ecuația diferențială parțială a intrat în fizica teoretică în chip de servitoare, pentru a deveni treptat stăpînă. Aceasta a început în secolul al XIX-lea, cînd, sub presiunea faptelor observate, s-a impus teoria ondulatorie a luminii. Lumina în spațiul vid a fost interpretată prin vibrațiile eterului și se părea că nu are nici un rost ca, la rîndul său, eterul să fie conceput și el ca un conglomerat de puncte materiale. Aici ecuația diferențială parțială a apărut pentru prima oară ca expresia naturală a elementarului în fizică. Astfel cîmpul continuu a intervenit, într-un domeniu particular al fizicii teoretice, alături de punctul material, ca reprezentant al realității fizice. Acest dualism se păstrează și astăzi, apărînd ca un factor deranjant pentru orice spirit sistematic.

Dacă ideea de realitate fizică a încetat de a mai fi pur atomistă, ea a rămas totuși, înainte de toate, pur *mecanică*; s-a încercat în continuare să se interpreteze orice fenomen ca o mișcare a maselor inerte, ba chiar se părea că nici nu s-ar putea imagina un alt fel de a privi lucrurile. Atunci a intervenit marea schimbare, care va rămîne legată de numele lui Faraday, Maxwell și Hertz. Partea leului în această revoluție i-a revenit lui Maxwell. El a arătat că tot ceea ce se cunoștea atunci despre lumină și despre fenomenele electromagnetice se exprima în bine cunoscutul său dublu sistem de ecuații diferențiale parțiale, în care cîmpurile electric și magnetic apăreau ca variabile dependente. Într-adevăr, Maxwell a încercat să fundamenteze, respectiv să justifice aceste ecuații cu ajutorul modelelor (construcțiilor) mecanice ideale.

El s-a servit în același timp de mai multe asemenea construcții fără a lua prea în serios vreuna dintre ele, astfel încît ecuațiile păreau să fie lucrul esențial, iar forțele cîmpurilor ce interveneau în acestea deveneau entități elementare ireductibile [2]. La răscrucea secolelor, concepția asupra cîmpului electromagnetic ca entitate ultimă se impusese deja într-o manieră generală, teoreticienii cei mai riguroși nemaiacordînd încredere justificării sau posibilității de fundamentare mecanică a ecuațiilor lui Maxwell. În ultima vreme s-a încercat chiar, invers, să se explice punctele materiale și inerția lor în cadrul teoriei lui Maxwell cu ajutorul ideilor de cîmp, fără ca aceste eforturi să fi fost însă încununate de un succes definitiv [3].

Dacă, făcînd abstracție de rezultatele *particulare* importante pe care munca de o viață a lui Maxwell le-a adus în principalele domenii ale fizicii, ne vom concentra atenția asupra schimbării provocate de el în concepția asupra naturii realității fizice, am putea spune: înainte de Maxwell oamenii concepeau realitatea fizică — în măsura în care aceasta se presupune că reprezintă fenomene naturale — ca puncte materiale ale căror modificări nu constau decît în mișcări supuse ecuațiilor diferențiale totale*; după Maxwell, realitatea fizică este concepută ca fiind reprezentată de cîmpuri continue, inexplicabile în termeni mecanici, supuse ecuațiilor diferențiale parțiale. Această schimbare a conceptului de realitate este cea mai profundă și fertilă schimbare care s-a produs în fizică după Newton. Trebuie totuși să admitem că această idee programatică n-a fost încă realizată pe deplin. Teoriile fizice stabilite cu succes după aceea reprezintă mai degrabă un gen de compromis între aceste două programe, și tocmai din cauza acestui caracter de compromis ele poartă amprenta provizoriului și incompletitudinii logice, deși fiecare, luat în sine, a realizat mari progrese.

Aici trebuie menționată mai întîi teoria electronică a lui Lorentz, în care corpusculii electrici și cîmpul apăreau, paralel, ca elemente de valoare egală pentru înțelegerea realității. Au urmat teoria specială și teoria generală a relativității care, deși se bazează în întregime pe considerarea ideilor teoriei cîmpului, n-au putut evita introducerea independentă a punctelor materiale și a ecuațiilor diferențiale totale [4].

Ultima creație cu cel mai mare succes a fizicii teoretice, mecanica cuantică, diferă în fundamentele ei în mod principial de ambele programe pe care le vom numi, pe scurt, newtonian și maxwellian. Deoarece mărimile care apar în legile ei nu pretind să descrie *însăși* realitatea fizică, ci doar *probabilitățile* apariției unei realități fizice avute în vedere. Dirac, căruia îi datorăm, după opinia mea, cea mai desăvîrșită expunere a teoriei din punct de vedere logic, indică pe bună dreptate faptul că va fi probabil dificil să se ofere o descriere teoretică a unui foton în așa fel încît ea să ne dea informația suficientă pentru a decide dacă el va trece sau nu printr-un polarizator dispus (transversal) în calea sa.

---

* În original apare expresia „parțiale" („partielle") *(n. trad.)*.

Eu însă continui să cred că fizicienii nu se vor mulțumi multă vreme cu o asemenea descriere indirectă a realității, nici chiar dacă s-ar reuși adaptarea satisfăcătoare a teoriei la postulatul relativității generale. În acest caz, s-ar putea să se revină la încercarea de a realiza un program pe care l-am putea denumi foarte nimerit maxwellian — și anume, descrierea realității fizice prin cîmpuri ce satisfac ecuații diferențiale parțiale fără singularități [5].

NOTE

1. Aceasta este prima formulare a *credo*-ului epistemologic al lui Einstein, despre care va scrie în autobiografia sa intelectuală că s-a conturat „mai tîrziu şi încet" şi că „nu corespunde punctului de vedere pe care l-am adoptat în anii mai tineri". Caracteristice pentru concepţia realistă a lui Einstein asupra cunoaşterii fizice, aşa cum este ea formulată în acest text, sînt trei motive. Mai întîi, observaţia că simţurile ne dau numai o informaţie indirectă asupra realităţii, care poate fi cunoscută numai pe cale „speculativă" (raţională). În al doilea rînd, identificarea realităţii fizice cu lumea exterioară. În al treilea rînd, concluzia că, de vreme ce teoriile nu pot fi derivate din fapte, ci sînt produsul imaginaţiei creatoare a cercetătorului, o descriere teoretică perfectă, definitivă a realităţii fizice nu va fi nicicînd posibilă. Pentru dezvoltarea acestor teme, vezi îndeosebi *Fizica şi realitatea*, *Observaţii asupra teoriei cunoaşterii a lui Bertrand Russell*, *Note autobiografice* şi *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum*.

2. În alt text, *Fizica şi realitatea*, Einstein apreciază că prin opera lui Maxwell cîmpul continuu şi-a făcut loc mai mult inconştient ca „reprezentant al realităţii fizice". Aceasta deoarece marele fizician englez a rămas ataşat în gîndirea lui conştientă de ideea că punctele materiale ale mecanicii newtoniene constituie baza întregii realităţi fizice. Maxwell a încercat să construiască modele mecanice ale eterului.

3. Programul teoriei unitare a cîmpului, la care Einstein lucra deja în perioada în care a scris acest text, urmărea tocmai realizarea acestei idei. Einstein omagiază în Maxwell pe cercetătorul în a cărui operă vede prima licărire a ideii unificării cunoaşterii fizice pe baza cîmpului continuu, o idee care a orientat întreaga activitate a creatorului teoriei relativităţii, ca cercetător al naturii.

4. Aceste observaţii indică foarte limpede de ce credea Einstein că numai o teorie generală a cîmpului va însemna desăvîrşirea acelei linii de gîndire care a fost inaugurată de teoria cîmpului a lui Maxwell şi continuată de teoria relativităţii. Pentru Einstein teoria generală a relativităţii constituia o treaptă importantă, dar numai o treaptă, pe calea spre acest ţel.

5. Pentru o reluare a acestei aprecieri, vezi *Fundamentele fizicii teoretice*.

EPILOG: UN DIALOG SOCRATIC

Interlocutori: Einstein — Max Planck — Murphy

Notă: Textul care urmează reprezintă o prescurtare a unor însemnări stenografice făcute de un secretar însoțitor în timpul diverselor convorbiri.

Murphy: Lucrez împreună cu prietenul nostru Planck la o carte ce se ocupă în principal de problema cauzalității și a liberului arbitru.

Einstein: Îți spun cinstit că nu înțeleg ce au în vedere oamenii cînd vorbesc de liber arbitru. Eu simt, de exemplu, că vreau un lucru sau altul; dar nu pot pricepe cîtuși de puțin ce legătură are asta cu libertatea. Simt că vreau să-mi aprind pipa și o fac; dar cum pot să leg lucrul acesta de ideea de libertate? Ce stă în spatele actului de *a voi* să aprinzi pipa? Un alt act de voință? Schopenhauer a spus o dată: *Der Mensch kann was er will*; *er kann aber nicht wollen was er will* (Omul poate face ceea ce vrea, dar nu poate să vrea ceea ce vrea).

Murphy: Acum însă este la modă în fizică să se atribuie un fel de liber arbitru pînă și proceselor obișnuite din lumea anorganică.

Einstein: Această absurditate nu e doar o simplă absurditate. Ci este o absurditate supărătoare.

Murphy: Oamenii de știință, firește, îi dau numele de indeterminism.

Einstein: Ascultă! „Indeterminism“ e o noțiune cu totul ilogică. Ce înțeleg ei prin indeterminism? Dacă spun că durata medie de viață a unui atom radioactiv este de atîta, acesta

e un enunț ce exprimă o anumită ordine, o *Gesetzlichkeit**. Dar această idee nu implică prin ea însăși ideea de cauzalitate. Noi o numim legea mediilor; dar nu orice lege de acest fel trebuie să aibă neapărat o semnificație cauzală. În același timp, dacă spun că durata medie de viață a unui asemenea atom este nedeterminată în sensul de a nu avea o cauză, spun un non-sens. Pot să spun că o să mă întîlnesc mîine cu dumneata la un moment nedeterminat. Dar aceasta nu înseamnă că timpul nu este determinat. Fie că eu vin sau nu, timpul va veni. Aici este în joc confuzia ce se face uneori între lumea subiectivă și lumea obiectivă. Indeterminismul ce aparține fizicii cuantice este un indeterminism subiectiv. El trebuie să fie legat de ceva, altfel indeterminismul n-are nici un sens; și aici el se leagă de propria noastră incapacitate de a urmări traiectoriile atomilor individuali și de a prevedea activitățile lor [1]. A spune că sosirea unui tren la Berlin este nedeterminată înseamnă a spune un non-sens dacă nu spui în raport cu ce este nedeterminată. Dacă trenul sosește, sosirea e determinată de ceva. Același lucru este valabil despre traiectoriile atomilor.

Murphy: În ce sens, deci, aplici dumneata naturii determinismul? În sensul că orice eveniment din natură provine dintr-un alt eveniment, pe care îl numim cauza lui?

Einstein: Nu mi-aș formula ideea chiar în acești termeni. În primul rînd, cred că neînțelegerile care se întîlnesc în problema cauzalității se datorează în bună parte formulării prea rudimentare a principiului cauzalității, aflată în circulație pînă în prezent. Cînd Aristotel și scolasticii au definit ceea ce ei înțelegeau prin cauză, ideea de experiment obiectiv în sens științific nu apăruse încă. Așa se face că ei s-au mulțumit cu definirea conceptului metafizic de cauză. Același lucru este adevărat despre Kant. Newton însă pare a-și fi dat seama că această formulare preștiințifică a principiului cauzal avea să se dovedească insuficientă pentru fizica modernă. Și el s-a mulțumit să descrie ordinea regulată în care se petrec evenimentele în natură și să construiască sinteza sa pe bază de legi matematice. În ce mă privește, cred că evenimentele din natură sînt controlate de legi mult mai stricte și mai inflexibile (*closely binding*) decît ne închipuim astăzi cînd spunem că un eveniment este *cauza*

---

* Legitate *(n. trad.)*

unui alt eveniment. Acest concept al nostru este limitat la ceva ce se petrece înăuntrul unei secțiuni temporale, fiind rupt de procesul întreg [2]. Această aplicare *grosso modo* a principiului cauzal este cît se poate de superficială. Sîntem ca un copil care judecă un poem după rimă, neştiind nimic despre structura ritmică. Sau ca un învățăcel la pian, care abia izbuteşte să lege o notă de cea imediat anterioară sau următoare. Pînă la un punct, aceasta poate să fie foarte bine cînd avem de-a face cu compoziții foarte simple şi primitive; dar nu mai merge în interpretarea unei fugi de Bach. Fizica cuantică ne-a adus în față procese foarte complexe şi, pentru a le putea înțelege, trebuie să lărgim şi să mai rafinăm conceptul nostru de cauzalitate.

Murphy: Ar fi o treabă ingrată, fiindcă ai fi în răspăr cu moda. Dacă-mi dai voie, aş cuvînta şi eu puțin, nu atît fiindcă-mi place să mă aud vorbind, deşi îmi place şi asta — care-i irlandezul să nu-i placă? — cît pentru că vreau să aflu reacțiile dumitale la ceea ce voi spune.

Einstein: Gewiss *.

Murphy: Grecii au făcut din lucrarea fatalității sau a destinului baza dramei lor; iar drama era pe atunci o expresie liturgică a conştiinței care percepe într-un mod profund irațional. Nu era o simplă discuție, ca într-o piesă de Bernard Shaw. Vă amintiți de tragedia lui *Atreu*, unde fatalitatea sau şirul ineluctabil de cauze şi efecte este singurul fir simplu de care atîrnă drama.

Einstein: Fatalitatea sau destinul nu sînt acelaşi lucru cu cauzalitatea.

Murphy: Ştiu asta. Dar oamenii de ştiință trăiesc în lume la fel ca ceilalți oameni. Unii din ei se duc la întruniri politice şi la teatru şi aproape toți cei pe care eu îi cunosc, cel puțin aici în Germania, citesc literatura curentă. Ei nu se pot sustrage influenței mediului ** în care trăiesc. Iar pentru acest mediu este în prezent foarte caracteristică lupta de eliberare din lanțul cauzal în care este prinsă lumea.

Einstein: Dar n-a luptat omenirea totdeauna pentru a se elibera din acest lanț cauzal?

Murphy: Da, însă nu asta ne interesează pentru ceea ce vreau să spun. Oricum, mă îndoiesc că politicianul meditează vreodată la consecințele şirului cauzal pe care-l declanşează

* Fireşte *(n. trad.)*.
** În original *milieu (n. trad.)*.

cu nebunia sa. El însuși este foarte agil și poate să se strecoare printre verigile lanțului. Macbeth n-a fost politician. Și tocmai de aceea nu i-a mers. El a înțeles că asasinatul s-ar putea să rămînă fără urmări pentru el. Numai că nu s-a gîndit cum să se smulgă din lanțul consecințelor înainte de a fi prea tîrziu. Și asta fiindcă nu era politician. Ceea ce vreau să spun este că în momentul de față există o recunoaștere universală a acestei înlănțuiri inexorabile. Oamenii înțeleg ceea ce le-a spus demult Bernard Shaw — lucrul, firește, a mai fost spus și înainte de nenumărate ori — cînd a scris *Cezar și Cleopatra*. Îți amintești cuvintele pe care le adresează Cezar reginei Egiptului după ce ordinul ei de ucidere a lui Pothinus a fost executat, cu toate că Cezar garantase că acesta va fi în siguranță.

„Îi auzi?“, spune Cezar. „Toți aceștia, care bat la poarta ta, cred de asemenea în trădare și în ucidere. Le-ai omorît conducătorul; este drept ca, la rîndul lor, să te ucidă. Dacă te îndoiești cumva, întreabă pe acești patru sfetnici ai tăi, aici de față. Și apoi, în numele acestui «drept» (. . .) nu va trebui eu să-i omor pentru că și-au asasinat regina, iar apoi să fiu omorît, la rîndul meu, de către concetățenii lor fiindcă le-am cotropit patria? Iar atunci Roma va putea face altceva decît să ucidă pe acești ucigași, spre a arăta lumii că Roma știe să-și răzbune fiii și onoarea? Și așa, pînă la capătul istoriei, asasinatul va zămisli asasinatul, întotdeauna în numele dreptului, al onoarei și al păcii, pînă cînd, în sfîrșit, zeii vor fi sătui de atîta sînge și vor crea o seminție care să știe ce înseamnă a înțelege“*.

Oamenii înțeleg astăzi acest adevăr îngrozitor — e drept, nu pentru că își dau seama că vărsarea de sînge naște vărsare de sînge, ci pentru că își dau seama că jefuindu-ți vecinul, te jefuiești pe tine însuți; căci jaful naște jaf, întocmai cum o vărsare de sînge naște alta. Așa-zișii învingători din război i-au jefuit pe învinși, iar acum observă că, făcînd așa, s-au jefuit pe ei înșiși. Așa se face că acum domnește pretutindeni sărăcia și suferința. Mulți oameni văd că așa stau lucrurile, dar n-au curajul să înfrunte acest adevăr, ci aleargă, ca Macbeth, la căldarea vrăjitoarei. În cazul de față știința este, din

---

* Fragmentul din piesa lui Bernard Shaw este redat după traducerea în limba română (de Petru Comarnescu) apărută în colecția Biblioteca pentru toți, Editura pentru literatură, București, 1963, p. 132—133 (*n. trad.*).

nefericire, unul din ingredientele ce se aruncă în căldare pentru a le da solventul căutat. În loc să recunoască deschis harababura, tragedia, crima, toată lumea vrea să-și dovedească inocența și caută dovada încercînd să găsească un alibi pentru consecințele propriilor fapte. Uită-te la acel cortegiu de flămînzi care vin zilnic la ușa ta să ceară pîine. Bărbați zdraveni, dornici să beneficieze de privilegiul omului de a munci. Alții ca ei defilează pe străzile Londrei, purtînd pe piept Medalii pentru Comportare Exemplară, strigînd să li se dea pîine. Același spectacol vezi la New York, Chicago, Roma și Torino. Insul comod ce șade în fotoliul său confortabil își zice: „Asta n-are nimic de-a face cu noi". O spune știind că nu acesta este adevărul. Apoi ia o carte de popularizare a fizicii și scoate un suspin de ușurare aflînd de acolo că natura nu cunoaște legea consecințelor. Ce vrei mai mult? Asta e Știința; iar Știința este corespondentul modern al religiei. Acest *bourgeois* comod al dumitale este cel care a înzestrat instituțiile și laboratoarele științifice. Și, orice ai spune, savanții n-ar fi oameni dacă nu s-ar împărtăși și ei, cel puțin inconștient, din același spirit. [3]

Einstein: *Ach, das kann man nicht sagen.**

Murphy: Ba da. Avem tot dreptul s-o spunem. Îți amintești de imaginea pe care chiar dumneata ai zugrăvit-o odată a celor preocupați de ei înșiși în templul științei, oameni despre care admiți că au construit chiar o mare parte din edificiul ei, dar spui, pe de altă parte, că îngerul din ceruri i-a crușat pe cîțiva. Înclin să cred că lupta științei constă actualmente în efortul de a feri schema ei de gîndire de confuzia pe care spiritul popular tinde s-o introducă în ea. Seamănă îndeaproape cu lupta pe care au dus-o vechii teologi. În Renaștere însă aceștia au cedat modei epocii și au introdus în știința lor idei și metode străine, ceea ce a dus în final la prăbușirea scolasticii.

Declinul scolasticii datează din momentul cînd mulțimea s-a apucat să alerge după filozofi și teologi. Amintește-ți cum lumea dădea năvală la Paris ca să-l asculte pe Abelard, deși este evident că nu putea să înțeleagă distincțiile lui. Lingușirea publică a contribuit mai mult la căderea lui decît simplele influențe private. Abelard n-ar fi fost om dacă nu ar fi fost ispitit să se creadă deasupra științei sale; și el a

---

* Ah, asta nu se poate spune *(n. trad.)*.

cedat ispitei. Nu sînt chiar atît de sigur că astăzi o seamă de savanți nu se găsesc în aceeași postură. Unele din plăsmuirile strălucitoare pe care ei le țes par foarte asemănătoare cu distincțiile sofistice ale decadenței scolastice.

Filozofii și teologii mai vechi erau conștienți de acest pericol și au căutat o cale de a-l contracara. Ei aveau corpurile lor de doctrină ezoterice ce erau dezvăluite numai celor inițiați. Același gen de protecție îl putem observa astăzi în alte ramuri ale culturii. Biserica catolică a procedat înțelept menținîndu-și ritualul și dogmele în formele și formulările unui limbaj pe care masa credincioșilor nu-l înțelege. Sociologii și experții financiari au un jargon pe care numai ei îl pricep și care le permite să nu-și divulge secretele. Într-un mod asemănător este susținută majestatea Legii, iar arta medicală n-ar putea supraviețui dacă ar prescrie medicamentele și ar descrie bolile în limbajul de fiecare zi. Dar toate acestea nu contează, fiindcă nici una din aceste științe sau arte sau meșteșuguri nu este vitală. Știința fizicii este organic vitală în momentul de față și din acest motiv pare a suferi de...

Einstein: Nimic nu mi se pare însă mai contestabil decît ideea unei științe făcute pentru oamenii de știință. Este ceva aproape la fel de rău ca o artă făcută pentru artiști sau ca o religie făcută pentru preoți. Neîndoielnic că este ceva în ceea ce spui. Și cred că obiceiul azi la modă de a aplica axiomele științei fizice la viața umană este nu numai total greșit, dar are în el și ceva condamnabil. Găsesc că problema cauzalității, despre care se discută azi în fizică, nu este un fenomen nou în domeniul științei. Metoda folosită astăzi în fizica cuantică a trebuit mai demult să fie aplicată în biologie, pentru că procesele biologice din natură nu puteau fi urmărite în așa fel încît conexiunea lor să fie clară și din acest motiv regulile biologice au avut întotdeauna un caracter statistic. Și nu înțeleg de ce ar trebui stîrnită atîta zarvă dacă se impune o restrîngere a principiului cauzalității în fizica modernă, de vreme ce o asemenea situație nu e cîtuși de puțin nouă [4].

Murphy: Firește că nu este o situație nouă; dar în prezent știința biologică nu e atît de vitală cum este știința fizică. Pe oameni nu-i mai preocupă atît de mult dacă descindem sau nu din maimuțe, cu excepția unor pasionați de regnul animal, care consideră că prin ideea descendenței omului din maimuță se face o mare nedreptate maimuțelor. Nu mai există astăzi acel interes public pentru biologie de pe vremea

lui Darwin și Huxley. Centrul de greutate al interesului public s-a deplasat spre fizică. Acesta e motivul pentru care publicul reacționează în felul său la orice nouă formulare din fizică.

Einstein: Sînt întru totul de acord cu prietenul nostru Planck în privința poziției adoptate față de acest principiu, dar trebuie să-ți amintești ce-a spus și a scris Planck. El admite imposibilitatea de a aplica, în actuala stare de lucruri, principiul cauzal la procesele interne din fizica atomică; dar este hotărît împotriva tezei că din această *Unbrauchbarkeit* sau inaplicabilitate ar trebui să conchidem că procesul cauzării nu există în realitatea externă. De fapt, Planck n-a adoptat în această din urmă chestiune un punct de vedere deplin formulat. El a contrazis doar susținerile emfatice ale unora din teoreticienii mecanicii cuantice, și eu sînt întru totul de acord cu el. Iar cînd dumneata îmi citezi oameni care vorbesc de liber arbitru în natură, îmi vine greu să găsesc o replică potrivită. Ideea e, firește, absurdă.

Murphy: Îmi închipui, deci, că ai fi de acord că fizica nu oferă nici un fel de temeiuri pentru această aplicare extraordinară a ceea ce pentru comoditate am putea numi principiul indeterminării.

Einstein: Firește că sînt de acord.

Murphy: Totuși știi că anumiți fizicieni englezi de foarte mare prestigiu și care se bucură totodată de o mare popularitate au susținut în mod energic ceea ce dumneata și Planck, ca și mulți alții, numiți concluzii neîntemeiate[5].

Einstein: Trebuie să faci deosebire între fizician și *littérateur* atunci cînd cele două profesii se îmbină în aceeași persoană. Voi aveți în Anglia o mare literatură engleză și o mare disciplină a stilului.

Murphy: Literatura detestă acel *amor intellectualis* pentru adevărul logic, care pasionează pe omul de știință. Poate că omul de știință englez își schimbă culoarea în pajiștile literare pentru ca, asemeni omizii de pe frunză, să nu poată fi recunoscut.

Einstein: Ceea ce vreau să spun este că există în Anglia autori cu formație științifică care în cărțile lor de popularizare devin ilogici și romantici, pe cînd în munca lor științifică păstrează rigoarea raționamentului logic.

Ceea ce urmărește omul de știință este să obțină o descriere logic coerentă a naturii. Logica este pentru el ceea ce

pentru pictor sînt legile proporției și ale perspectivei, iar eu cred, împreună cu Poincaré, că merită trudit pe tărîmul științei pentru că ea ne dezvăluie frumusețea naturii. Aș spune, legat de aceasta, că omul de știință își află răsplata în ceea ce Henri Poincaré numește bucuria înțelegerii și nu în aplicațiile la care poate să ducă o descoperire sau alta. Eu cred că omul de știință e mulțumit să construiască o imagine perfect armonioasă pe un eșafodaj matematic și este întru totul satisfăcut să lege între ele, prin formule matematice, diferitele ei părți fără a se întreba dacă și în ce măsură acestea sînt o dovadă că legea cauzalității acționează în lumea externă.

Murphy: Aș vrea, d-le profesor, să-ți atrag luarea aminte asupra unui fenomen ce se produce uneori aci pe lac cînd faci plimbări cu iahtul dumitale. Firește, e un fenomen ce nu survine prea des pe apele liniștite ale lacului Caputh, fiindcă de jur împrejurul său e cîmpie și de aceea nu se stîrnesc pe neașteptate vijelii. Dacă te afli însă cu o barcă cu pînze pe unul din lacurile noastre din nord, riști oricînd să întîlnești un curent de aer neașteptat, a cărui rafală să te răstoarne. Vreau să sugerez prin asta că pozitivistul ar putea foarte lesne aici să te ia la ochi și să te surprindă între vînt și apă. Dacă spui că omul de știință se mulțumește să asigure constructului său mental armătura logicii matematice, vei fi citat numaidecît în sprijinul idealismului subiectiv propagat de oameni de știință moderni de felul lui Sir Arthur Eddington.

Einstein: Dar ar fi ridicol.

Murphy: Desigur că ar fi o concluzie neîntemeiată; numai că în presa britanică ai fost deja frecvent citat ca adept al teoriei după care lumea externă e un derivat al conștiinței. A trebuit să atrag atenția asupra acestui fapt unui prieten de-al meu din Anglia, d-l Joad, care a scris o foarte izbutită carte intitulată *Aspectele filozofice ale științei.* Cartea polemizează cu atitudinile adoptate de Sir Arthur Eddington și Sir James Jeans, iar numele dumitale este menționat printre cei ce sprijină teoriile lor.

Einstein: Nici un fizician nu gîndește așa. Pentru că atunci n-ar fi fizician. Nu gîndesc așa nici fizicienii pe care i-ai menționat. Trebuie să faci deosebire între modă literară și rostire științifică. Acești oameni sînt savanți autentici, iar formulările lor literare nu trebuie considerate drept expresii

ale convingerilor lor științifice. De ce s-ar mai osteni cineva să scruteze stelele dacă n-ar crede că ele există cu adevărat[6]. Aici sînt în întregime de acord cu Planck. Nu putem dovedi logic existența lumii externe, întocmai cum dumneata nu poți dovedi logic că eu stau acum de vorbă cu dumneata sau că mă aflu aici. Dar știi bine că mă aflu aici și nici un idealist subiectiv nu te va putea convinge de contrariul.

Murphy: Această chestiune a fost integral elucidată cu mult timp în urmă, de către scolastici, și nu mă pot împiedica să cred că lumea ar fi fost scutită de o bună parte din confuzia apărută în secolul al nouăsprezecelea și care dăinuie și astăzi, dacă în secolul al șaptesprezecelea nu s-ar fi produs o ruptură atît de adîncă cu tradiția filozofică. Scolasticii au soluționat foarte clar problema fizicianului modern spunînd despre imaginile mentale ale realității externe că există *fundamentaliter in re, formaliter in mente.*

Nu-mi mai amintesc cum s-a întrerupt discuția asupra acestei probleme. În stenogramă, alineatul următor începe cu PLANCK*.

NOTE

1. Acest text exprimă, poate mai clar și mai net decît oricare altul, punctul de vedere al lui Einstein în mult discutata problemă a determinismului cuantic. Determinismul strict pare să fie pentru Einstein o idee regulativă pe care nu o poate clinti nici o experiență. El nu crede că relațiile de nedeterminare ale lui Heisenberg ar impune reconsiderarea concepției statornicite asupra determinismului naturii. O abatere de la determinismul strict, ceea ce se desemnează de obicei prin termenul *indeterminism*, nu poate fi niciodată o trăsătură a naturii. „Indeterminiștii" ar transfera asupra naturii anumite insuficiențe temporare ale cunoașterii noastre despre natură. Punctul de vedere susținut de Einstein în acest text este un punct de vedere în esență laplacean.

2. Determinarea evenimentelor fizice prin legi de cîmp este caracterizată drept una mai „strictă" decît cea pe care o exprimă principiul comun al cauzalității. Autorul crede de asemenea că determinarea evenimentelor prin legi de cîmp este mai cuprinzătoare decît acea deter-

* Ultimele cîteva pagini din originalul „dialogului socratic" cuprind o discuție între Planck și Murphy, fără o legătură directă cu opiniile exprimate pînă aci de Einstein. De aceea nu le-am tradus pentru volumul de față *(n. trad.)*.

minare pe care o exprimă o relaţie cauzală între două evenimente ce se succed în timp.

3. Această explicaţie a reacţiei negative a mediului cultural al vremii faţă de ideea universalităţii determinării cauzale aduce aminte de o încercare mai recentă de a explica tendinţa unor fizicieni de a slăbi principiul determinismului ca rezultat al influenţei unei mişcări de idei care s-a impus în Germania după primul război mondial. Într-un mult discutat articol al lui P. Forman, *Weimar culture, causality and cuantum theory, 1918—1927*, publicat în 1971, indeterminismul în mecanica cuantică este pus în relaţie cu tendinţele iraţionaliste ce dominau atmosfera spirituală a epocii. Forman susţine că ofensiva curentului de gîndire mistic şi romantic al vremii împotriva spiritului ştiinţific, considerat drept mecanicist şi raţionalist, s-a concentrat asupra principiului cauzalităţii. El apreciază că interpretarea statistică a mecanicii cuantice ar putea fi înţeleasă mai bine drept o concesie făcută de fizicieni tendinţei iraţionaliste dominante. „Deşi acordul de a vedea procesele atomice ca implicînd un «eşec al cauzalităţii» s-a dovedit şi a rămas o abordare fertilă — scrie Forman — înainte de introducerea unei mecanici cuantice raţionale acauzale, tendinţa de a renunţa la cauzalitate exprimă mai puţin un program de cercetare cît o propunere de a sacrifica fizica, de fapt întreprinderea ştiinţifică, *Zeitgeist*-ului (spiritul timpului)". (Vezi, *Historical Studies in the Physical Science*, no. 3, p. 112.)

4. Acest pasaj arată clar cît de departe mergea Einstein în contestarea noutăţii situaţiei conceptuale create în fizică prin formularea relaţiei de nedeterminare. El considera că aici, ca şi în alte cazuri, formularea unei regularităţi cu caracter statistic suplineşte imposibilitatea de a descrie situaţia reală prin legi stricte.

5. Este o aluzie clară la lucrări de filozofia ştiinţei, destinate unui public larg, care au fost publicate în acea vreme de cunoscuţii oameni de ştiinţă englezi A. Eddington şi J. Jeans. Pe marginea lor se discuta foarte mult în anii cînd a avut loc această convorbire.

6. Einstein exprimă deosebit de clar opinia că orice cercetător al naturii este în mod spontan un realist, în sensul că atribuie obiectelor cercetării o existenţă independentă de experienţă. Este îndoielnic însă că Eddington şi Jeans ar fi susţinut ca scriitori lucruri în care nu credeau cîtuşi de puţin ca cercetători ai naturii, aşa cum afirmă Einstein. În acest text Einstein formulează probabil pentru prima dată aderenţa sa fără echivoc la concepţia realistă apărată în acel timp de Planck, o temă care va ocupa un loc tot mai însemnat în reflecţiile filozofice din ultima perioadă a vieţii sale. Lui M. Solovine, Einstein îi scria la 10 aprilie 1938: „Tot astfel cum în vremea lui Mach domina într-un mod dăunător un punct de vedere materialist dogmatic, în zilele noastre domină într-un mod excesiv punctul de vedere subiectivist şi pozitivist." *(Op. cit.*, p. 71) Einstein socotea că se impune combaterea acestei tendinţe în primul rînd deoarece ea ameninţă dezvoltarea sănătoasă a gîndirii ştiinţifice.

DESPRE METODA FIZICII TEORETICE

Dacă doriți să învățați de la fizicienii teoreticieni ceva despre metodele pe care le folosesc, vă propun să urmați principiul: nu le ascultați cuvintele, observați faptele lor [1]. Deoarece produsele propriei sale imaginații îi apar celui care este un creator în acest domeniu atît de necesare și naturale încît el le consideră — și ar dori ca și alții să le considere tot astfel — nu ca plăsmuiri ale gîndirii, ci ca realități date.

Aceste cuvinte par menite să vă determine să părăsiți această conferință; veți spune: cel care vă vorbește este și el un fizician ce construiește; de aceea ar trebui și el să lase reflecția asupra structurii științei teoretice în seama epistemologilor.

Împotriva unei asemenea obiecții m-aș putea apăra dintr-un punct de vedere personal, asigurîndu-vă că nu a fost o inițiativă a mea, ci o invitație amabilă de a urca la această catedră dedicată memoriei unui om care a luptat întreaga viață pentru unitatea cunoașterii. Din punct de vedere obiectiv, strădania mea ar putea fi justificată totuși prin interesul pe care l-ar putea prezenta cunoașterea modului în care gîndește asupra științei sale un om care o viață întreagă și-a consacrat toate forțele clarificării și perfecționării principiilor ei. Modul în care el privește trecutul și prezentul acestei științe poate să depindă prea mult de ceea ce el așteaptă de la viitor și aspiră să realizeze în prezent; dar aceasta este soarta inevitabilă a oricărui om angajat intens într-o lume a ideilor. El se află în aceeași situație cu istoricul, care, de asemenea, ordonează evenimentele reale — chiar

dacă, poate, inconștient — conform idealurilor pe care și le-a format cu privire la societatea umană [2].

Să aruncăm o privire rapidă asupra dezvoltării sistemului teoretic, concentrîndu-ne atenția asupra relației dintre conținutul teoriei și totalitatea faptelor experienței. Aveam de-a face — în propriul nostru domeniu — cu eterna opoziție între cele două componente inseparabile ale cunoașterii, empiria și rațiunea.

Cu toții admirăm Grecia antică ca leagăn al științei apusene. Acolo, pentru prima oară a fost creat miracolul rațional al unui sistem logic ale cărui enunțuri se deduceau cu atîta precizie încît nici una dintre propozițiile demonstrate nu admitea nici cea mai mică îndoială — geometria lui Euclid. Acest triumf admirabil al rațiunii i-a dat spiritului uman încrederea în sine necesară pentru realizările ulterioare. Cel care, în tinerețea sa, n-a fost entuziasmat de această operă, nu s-a născut pentru a deveni om de știință teoretician.

Dar, pentru a fi la nivelul unei științe ce năzuiește să reprezinte realitatea, era nevoie de o a doua cunoștință fundamentală, care, pînă la Kepler și Galilei, nu devenise încă un bun comun al filozofilor. Prin simpla gîndire logică nu putem dobîndi nici o cunoaștere asupra lumii experienței; orice cunoaștere a realității pornește de la experiență și se împlinește în ea. Propozițiile obținute exclusiv prin mijloace logice sînt, în raport cu realitatea, complet vide. Tocmai pentru că a recunoscut acest fapt și, în special, pentru că l a impus în lumea științei Galilei a devenit fondatorul fizicii moderne, ba chiar al științei moderne în general [3].

Dacă experiența este începutul și sfîrșitul întregii noastre cunoașteri privitoare la realitate, ce funcție îi revine atunci rațiunii în știință?

Un sistem încheiat al fizicii teoretice este alcătuit din concepte, legi fundamentale, presupuse a fi valabile pentru aceste concepte, și din concluzii obținute prin deducție logică. Tocmai aceste concluzii sînt cele care trebuie să corespundă experiențelor noastre individuale. Derivarea lor logică ocupă cea mai mare parte din oricare tratat teoretic.

Lucrurile stau exact la fel ca în geometria euclidiană, cu excepția faptului că aici legile fundamentale se cheamă axiome și nu se pune problema corespondenței consecințelor logice ale teoriei cu vreun gen determinat de experiență. Dacă vom concepe însă geometria euclidiană ca știință a

relațiilor reciproce posibile ale corpurilor practic rigide în spațiu, cu alte cuvinte, dacă o interpretăm ca știință fizică, fără a face abstracție de conținutul ei empiric originar, omogenitatea logică a geometriei și fizicii teoretice devine completă.

Am atribuit rațiunii și experienței locul lor determinat în cadrul sistemului fizicii teoretice. Structura sistemului este opera rațiunii, datele experienței și relațiile lor reciproce trebuie să-și găsească reprezentarea în concluziile teoriei. Tocmai pe posibilitatea unei asemenea reprezentări se întemeiază valoarea și justificarea întregului sistem și, în mod special, valoarea conceptelor și legilor fundamentale care alcătuiesc baza sa. Acestea din urmă sînt de altfel creații libere ale spiritului uman, care nu pot fi justificate *a priori* nici prin natura spiritului uman, nici în vreo altă modalitate.

Aceste concepte și legi fundamentale, care nu pot fi mai departe reduse logic, constituie partea esențială a unei teorii, care nu poate fi concepută pe cale rațională. Obiectivul principal al oricărei teorii este să facă din aceste elemente fundamentale ireductibile pe cît posibil o mulțime minimă de elemente simple, fără a se renunța astfel la reprezentarea adecvată a vreunui dat empiric oarecare.

Concepția pe care am schițat-o aici cu privire la caracterul de pură invenție al principiilor teoriei științifice nu era nici pe departe cea dominantă în secolul al XVIII-lea, nici chiar în secolul al XIX-lea. Dar ea cîștigă din ce în ce mai mult teren prin faptul că distanța rațională între conceptele și legile fundamentale, pe de o parte, și, pe de altă parte, concluziile pe care trebuie să le punem în raport cu experiența crește mereu, pe măsură ce structura logică devine mai unitară, cu alte cuvinte, cu cît este mai mic numărul elementelor conceptuale logic independente pe care se întemeiază structura întregului sistem[4].

Newton, primul creator al unui sistem cuprinzător și efectiv al fizicii teoretice, încă mai credea că noțiunile și legile de bază ale sistemului său ar putea fi derivate din experiență. *Dictum*-ul său, *hypotheses non fingo*, poate fi înțeles, probabil, în acest sens.

De fapt, în acea vreme, conceptele de spațiu și timp nu păreau să aibă ceva problematic, iar conceptele de masă, inerție și forță și corelația lor logică păreau a fi scoase direct

din experiență. De îndată ce este admisă această bază, expresia forței gravitației apărea ca derivată nemijlocit din experiență, și același lucru era de așteptat și pentru alte forțe.

Din formularea lui Newton, putem deduce că ideea de spațiu absolut, care includea în sine și pe aceea de repaus absolut, i-a creat dificultăți; el era conștient de faptul că, în experiență, nimic nu părea să corespundă acestui ultim concept. De asemenea, s-a simțit stînjenit de introducerea unor forțe care acționează la distanță. Dar succesul practic enorm al teoriei sale l-a împiedicat, ca și pe fizicienii secolelor al XVIII-lea și al XIX-lea, să accepte caracterul fictiv al principiilor sistemului său.

Dimpotrivă, majoritatea fizicienilor din acea epocă erau pătrunși de ideea că noțiunile de bază și legile fundamentale ale fizicii n-ar fi, din punct de vedere logic, creații libere ale spiritului uman, ci că ar putea fi deduse din experiență prin „abstracție", adică pe o cale logică. Recunoașterea clară a caracterului eronat al acestei concepții a venit doar o dată cu teoria generală a relativității, deoarece aceasta a arătat că se poate explica domeniul respectiv de fapte ale experienței, și anume într-o modalitate mai satisfăcătoare și completă, pe o bază cu totul diferită de cea newtoniană. Dar, lăsînd cu totul la o parte problema superiorității uneia sau alteia dintre teorii, caracterul fictiv al principiilor fundamentale devine pe deplin evident din faptul că putem prezenta două principii esențial diferite, ambele fiind în mare măsură în acord cu experiența. Aceasta dovedește în același timp că orice încercare de a deduce logic conceptele de bază și legile fundamentale ale mecanicii din experiențe elementare este sortită eșecului.

Dar dacă e adevărat că baza axiomatică a fizicii teoretice nu poate fi derivată din experiență, ci trebuie inventată în mod liber, mai putem noi oare spera în general să găsim calea cea corectă? Sau această cale corectă nu există decît în imaginația noastră? Putem oare spera în general a fi ghidați în mod sigur de experiență, atunci cînd există teorii (cum este mecanica clasică) care concordă cu experiența într-o mare măsură, chiar dacă n-au pătruns pînă la temeiul lucrurilor? [5] La aceasta răspund cu toată încrederea că există, după părerea mea, calea corectă și că noi sîntem în stare s-o găsim. De altfel, după experiența de pînă acum

sîntem îndreptățiți să credem că natura este o realizare a celor mai simple idei matematice pe care le putem imagina. Convingerea mea este că putem descoperi cu ajutorul unor construcții pur matematice acele concepte și acele corelații logice dintre ele care ne oferă cheia înțelegerii fenomenelor naturale. Experiența ne poate sugera concepte matematice utile; dar în nici un caz acestea nu pot fi deduse din ea. Experiența rămîne, desigur, singurul criteriu al utilității unei construcții matematice pentru fizică. Principiul propriu-zis creator se află însă în matematică[6]. Într-un anumit sens, consider așadar adevărat faptul că gîndirea pură este aptă să pătrundă realul, așa cum au visat anticii.

Pentru a justifica această încredere sînt obligat să folosesc concepte matematice. Lumea fizică va fi reprezentată printr-un continuu cvadridimensional. Dacă vom accepta că aceasta are o metrică riemanniană și vom căuta cele mai simple legi pe care le poate satisface o asemenea metrică, vom ajunge la teoria relativistă a gravitației în spațiul vid. Dacă în acest spațiu vom lua un cîmp de vectori, respectiv cîmpul de tensori antisimetrici care se poate deduce din el și ne vom întreba care sînt cele mai simple legi pe care le poate satisface un asemenea cîmp, vom ajunge la ecuațiile lui Maxwell ale spațiului vid.

Aici ne lipsește încă o teorie pentru acele părți ale spațiului în care densitatea electrică nu se anulează. L. de Broglie a propus ipoteza unui cîmp de unde care a putut fi aplicată la interpretarea anumitor proprietăți cuantice ale materiei. Dirac a găsit în spinorii săi mărimi de cîmp de un gen nou, ale căror ecuații foarte simple ne permit într-o mare măsură să deducem proprietățile electronului. Eu am descoperit, împreună cu colaboratorul meu, că acești spinori reprezintă un caz particular al unui tip de cîmp, legat matematic cu un sistem cvadridimensional, pe care l-am desemnat prin expresia „semivectori". Cele mai simple ecuații la care pot fi supuși acești semivectori oferă o cheie pentru înțelegerea existenței celor două genuri de particule elementare, cu mase ponderabile diferite și cu sarcini electrice egale, dar de semn contrar. Acești semivectori sînt, după vectorii obișnuiți, cele mai simple structuri de cîmp matematice care sînt posibile într-un continuu metric cu patru dimensiuni, și s-ar părea că ei descriu, într-o modalitate naturală, anumite proprietăți esențiale ale particulelor electrice elementare.

Pentru felul nostru de a vedea lucrurile este important că toate aceste construcții și legile care le corelează pot fi obținute conform principiului căutării celor mai simple concepte matematice și a legăturilor dintre ele. Pe ideea limitării varietății tipurilor de cîmpuri simple matematic existente și a ecuațiilor simple care sînt posibile între ele se întemeiază speranța teoreticianului de a pătrunde rațional realul în toată profunzimea lui.

Punctul cel mai dificil al unei asemenea teorii de cîmp constă în momentul de față în înțelegerea structurii atomice a materiei și energiei. Teoria, în principiile sale, nu este una atomistă, în măsura în care operează exclusiv cu funcții continue de spațiu, în contrast cu mecanica clasică, al cărei element cel mai important, punctul material, justifică prin sine structura atomică a materiei.

Teoria cuantică modernă în forma asociată cu numele lui de Broglie, Schrödinger și Dirac, care operează cu funcții continue, a depășit această dificultate printr-o ingenioasă interpretare formulată în mod clar mai întîi de Max Born. După aceasta, funcțiile spațiale care apar în ecuații nu pretind a fi un model matematic al unor structuri atomice; ele determină prin calcul doar probabilitățile pentru apariția unor asemenea structuri dacă se efectuează măsurători într-un loc dat sau asupra unei stări date a mișcării. Această concepție este logic ireproșabilă și a dat naștere unor rezultate importante. Din păcate, ea ne obligă totuși să folosim un continuu cu un număr de dimensiuni diferit de cel atribuit spațiului de fizică pînă în prezent (patru), număr care crește nelimitat o dată cu numărul particulelor ce constituie sistemul considerat. Nu pot să nu recunosc că atribui doar o semnificație provizorie acestei interpretări. Eu cred încă în posibilitatea unui model al realității — cu alte cuvinte, a unei teorii care să reprezinte lucrurile însele și nu doar probabilitatea manifestării lor[7].

Pe de altă parte, mi se pare cert că va trebui să abandonăm ideea unei localizări complete a particulelor într-un model teoretic. Aceasta mi se pare a fi rezultatul durabil al principiului de nedeterminare al lui Heisenberg. Dar, se poate concepe foarte bine o teorie atomistă în sensul propriu al cuvîntului (nu doar pe baza unei interpretări) fără localizarea particulelor într-un model matematic. De exemplu, pentru a explica natura atomică a electricității, ecuațiile de cîmp vor trebui

să conducă la următoarele concluzii: o parte a spațiului (tridimensional), la limitele căruia densitatea electrică se anulează peste tot, conține întotdeauna o sarcină electrică totală a cărei mărime e reprezentată printr-un număr întreg. Într-o teorie a continuului caracteristicile atomice vor fi exprimate în mod satisfăcător prin legi integrale fără localizarea acelor construcții ce constituie structura atomică. Numai atunci cînd o asemenea reprezentare a structurii atomice va reuși, voi considera dezlegat misterul cuantic.

NOTE

1. Einstein sugerează că poate exista o nepotrivire între semnificația generală a activității unui creator de știință teoretică și concepțiile sale metodologice. Mari fizicieni creatori din secolele trecute, în frunte cu Newton, au susținut că teoriile lor ar fi derivate din fapte prin inducție. Mai departe, Einstein arată că dezvoltarea științei teoretice în secolul nostru, în particular elaborarea teoriei generale a relativității ca o nouă teorie a gravitației, deosebită de cea a lui Newton, probează că teoriile fizice sînt inventate și nu pur și simplu descoperite de oameni.

2. Cercetătorul gîndește asupra naturii științei teoretice din perspectiva unor idealuri de cunoaștere și experiențe care pot să aibă un caracter destul de personal. Modul lui de a vedea știința nu va putea fi întotdeauna împărtășit de alți cercetători cu preferințe și experiențe diferite. Einstein compară această situație cu cea a unor istorici competenți și experimentați care ar putea reconstitui în moduri diferite același episod al trecutului dacă reprezentările lor spontane sau conștiente asupra obiectului cercetării istorice vor fi sensibil diferite. Einstein a avertizat nu o dată că reflecțiile sale asupra științei nu pot fi bine înțelese decît în contextul aspirațiilor și speranțelor care au orientat strădaniile sale ca cercetător al naturii, a ceea ce a putut învăța din succesele și eșecurile acestor strădanii. Vezi în această privință și *Observații asupra articolelor reunite în acest volum*, nota (19), precum și pasajul la care se referă această notă.

3. Punctul de vedere că recunoașterea necesității de a supune speculațiile teoretice despre natură controlului experienței ar distanța în primul rînd fizica galileană de fizica de tradiție aristotelică era general acceptat în epoca în care a fost scris acest text. O schimbare radicală de perspectivă în înțelegerea noutății și originalității concepției galileene asupra științei naturii s-a produs ulterior în istoria științei, îndeosebi sub influența lucrărilor de pionierat ale lui Alexandre Koyré.

4. Aceasta este una din cele mai clare formulări ale principiului simplității logice căruia Einstein îi acordă o mare greutate în aprecierea gradului de „perfecțiune internă a unei teorii“. Vezi în acest sens și pasajul din *Note autobiografice* care se referă la criteriile interne de apreciere a teoriilor fizice, precum și postfața „Idealul cunoașterii și idealul umanist la Albert Einstein“.

5. Exprimări de acest fel pot fi întîlnite nu o dată în scrierile lui Einstein. Ele semnalează distanţarea autorului de punctul de vedere potrivit căruia o teorie fizică va fi declarată „adevărată“ de cîte ori se constată un acord sistematic al consecinţelor derivate din ea cu faptele unui domeniu determinat al experienţei. Din acest punct de vedere, două teorii fizice ale căror consecinţe sînt confirmate sistematic de aceleaşi date de observaţie sau experimentale sînt în egală măsură „adevărate“. Exprimarea atît de caracteristică a lui Einstein relevă că el priveşte teoriile fizice în primul rînd ca descrieri ale realităţii fizice, o realitate care există independent de construcţiile fizicianului teoretician. Dacă două teorii fizice au principii diferite, înseamnă că ele sînt descrieri diferite ale realităţii fizice. Teoria newtoniană şi teoria relativistă a gravitaţiei nu pot fi, aşadar, în egală măsură „adevărate“, chiar dacă pot să dea socoteală de aceleaşi date ale observaţiei astronomice. În raport cu prima teorie, care „n-a pătruns pînă la temeiul lucrurilor“, teoria generalizată a relativităţii va fi apreciată drept o descriere mai adecvată a realităţii fizice.

6. Acest pasaj oferă o indicaţie importantă cu privire la felul în care vedea Einstein rolul gîndirii matematice în înaintarea spre o cunoaştere mai adecvată a realităţii fizice. Dacă adoptăm supoziţia că structurile fundamentale, de adîncime ale lumii sînt simple, atunci consideraţii formale, de simplitate matematică ne pot conduce spre descoperirea acestor structuri.

7. Einstein afirmă clar că aderenţa lui necondiţionată la o concepţie de tip clasic asupra teoriei ca descriere a realităţii fizice îl determină să nu accepte teoria cuantică, în interpretarea ei curentă, ca o teorie fizică fundamentală. Programul lui Einstein a fost, după cum se ştie, deducerea efectelor cuantice din legile unei teorii generale a cîmpului care descriu un spaţiu cu patru dimensiuni.

OBSERVAȚII ASUPRA TEORIEI CUNOAȘTERII A LUI BERTRAND RUSSELL *

Cînd editorul mi-a solicitat să scriu ceva despre Bertrand Russell, admirația și respectul pe care le port acestui autor m-au făcut să accept de îndată. Datorez lecturii lucrărilor lui Russell nenumărate ceasuri fericite, ceea ce n-aș putea spune despre nici un alt autor contemporan de lucrări științifice, cu excepția lui Thorstein Veblen. Curînd am înțeles însă că o asemenea promisiune este mai ușor de făcut decît de împlinit. Promisesem să spun ceva despre Russell ca filozof și epistemolog. Apucîndu-mă, increzător, de această sarcină, mi-am dat repede seama pe ce teren alunecos mă aventuram, ca un novice, care pînă acum se limitase prudent la domeniul fizicii. Fizicianul este nevoit, din pricina dificultăților actuale ale științei sale, să se confrunte cu probleme filozofice într-o măsură mai mare decît a fost cazul cu generațiile anterioare. Deși aici n-am să vorbesc despre aceste dificultăți, reflecția asupra lor este mai cu seamă cea care m-a condus la punctul de vedere schițat în cele ce urmează.

În evoluția gîndirii filozofice de-a lungul secolelor, un rol major l-a jucat întrebarea: „Ce fel de cunoștințe poate să ofere gîndirea pură, indiferent de impresiile senzoriale ? Există asemenea cunoștințe ? Iar dacă nu, în ce relație stă cunoașterea noastră cu materialul pe care-l oferă simțurile ?". Acestor întrebări și altor cîtorva strîns legate de ele le co-

* *Bemerkungen zu Bertrand Russell Erkenntnis-Theorie* (tipărită împreună cu traducerea engleză făcută de P. A. Schilpp sub titlul *Remarks on Bertrand Russell's Theory of Knowledge*) în vol. *The Phylosophy of Bertrand Rusell*, ed. P. A. Schilpp, Tudor Publishing Co., New York, edition, 1951, p. 278—291 *(n. trad.)*.

respunde un haos imens de opinii filozofice. În desfășurarea acestor străduințe eroice, dar relativ infructuoase se poate discerne totuși o tendință sistematică de evoluție, și anume un scepticism crescînd în privința oricărei încercări de a afla ceva pe calea gîndirii pure despre „lumea obiectivă", despre lumea „lucrurilor" ca opusă lumii simplelor „reprezentări și idei". În paranteză fie spus, ghilimelele le-am folosit aici în felul filozofilor veritabili, pentru a introduce un concept nelegitim, pe care cititorul este rugat să-l îngăduie pentru moment, cu toate că e suspect în ochii poliției filozofice.

Credința că tot ce este demn de a fi cunoscut poate fi dobîndit pe calea simplei reflecții a fost aproape generală în perioada începuturilor filozofiei. A fost o iluzie pe care oricine o poate înțelege dacă lasă de o parte, pentru o clipă, tot ce a învățat din filozofia de mai tîrziu și din științele naturii; el nu se va mira de faptul că Platon atribuia un fel de realitate superioară „Ideilor" față de lucrurile așa cum le cunoaștem în experiența senzorială. Și la Spinoza și, mai tîrziu încă, la Hegel, această prejudecată se pare că a fost forța stimulatoare care a jucat rolul principal. Cineva ar putea chiar să pună întrebarea dacă fără ceva din această iluzie s-ar putea în general edifica ceva măreț pe tărîmul gîndirii filozofice — noi însă nu ne vom pune această întrebare.

Față cu această iluzie mai aristocrată privind puterea de pătrundere nelimitată a gîndirii stă iluzia mai plebee a realismului naiv, după care lucrurile „sînt" așa cum le percepem prin simțuri. Această iluzie domină viața cotidiană a oamenilor și animalelor; ea constituie și punctul de plecare al științelor, în special al științelor naturii.

Eforturile de depășire a acestor două iluzii nu sînt independente unul de altul. Depășirea realismului naiv a fost relativ simplă. În introducerea cărții sale *An Inquiry into Meaning and Truth*, Russell a concretizat acest proces în cuvinte de o admirabilă pregnanță:

„Pornim cu toții de la «realismul naiv», adică de la doctrina că lucrurile sînt ceea ce par că sînt. Credem că iarba e verde, că pietrele sînt tari și că zăpada e rece. Fizica ne arată însă că verdele ierbii, duritatea pietrelor și recele zăpezii nu sînt acel verde, acea duritate și acel rece pe care le știm din proprie experiență, ci sînt ceva mult diferit. Dacă e să dăm crezare fizicii, observatorul, cînd are impresia că

observă o piatră, observă de fapt efectele pietrei asupra lui. Ştiinţa pare, astfel, a se război cu sine însăşi: cînd urmăreşte cel mai mult să fie obiectivă, se vede plonjînd fără voie în subiectivitate. Realismul naiv duce la fizică, iar fizica — dacă e adevărată — arată că realismul naiv este fals. Prin urmare, realismul naiv, dacă e adevărat, este fals; deci este fals" /p. 14—15/*.

Lăsînd de o parte măiestria formulării, aceste rînduri spun ceva la care nu mă gîndisem niciodată înainte. La o privire superficială, modul de gîndire al lui Berkeley şi Hume pare a sta în opoziţie cu modul de gîndire al ştiinţelor naturii. Observaţia lui Russell din fragmentul citat dezvăluie însă o legătură: dacă Berkeley se sprijină pe faptul că noi nu sesizăm direct prin simţuri „lucrurile" lumii exterioare, ci că doar evenimente legate cauzal de prezenţa „lucrurilor" ajung la organele noastre de simţ, aceasta este o consideraţie ce-şi dobîndeşte forţa de convingere din încrederea pe care o avem în modul de gîndire fizic. Căci dacă ne-am îndoi de modul de gîndire fizic chiar în privinţa trăsăturilor lui celor mai generale, nu ar exista nici o necesitate de a interpune între obiect şi actul vederii ceva ce separă obiectul de subiect şi face problematică „existenţa obiectului".

Acelaşi mod de gîndire fizic şi succesele lui practice au zdruncinat însă şi încrederea în posibilitatea de a înţelege lucrurile şi relaţiile dintre ele prin simpla gîndire speculativă. Treptat şi-a croit drum convingerea că toate cunoştinţele despre lucruri sînt exclusiv rezultatul prelucrării materialului brut furnizat de simţuri. În această formă generală (şi enunţată anume întrucîtva vag), această propoziţie este astăzi, probabil, unanim acceptată. Dar această convingere nu se bazează pe supoziţia că cineva ar fi demonstrat imposibilitatea dobîndirii unor cunoştinţe despre realitate pe calea speculaţiei pure, ci pe faptul că numai calea empirică (în sensul precizat mai sus) s-a dovedit a fi sursa cunoaşterii. Galilei şi Hume au fost primii care au susţinut acest principiu cu toată claritatea şi fermitatea.

Hume a văzut că din materialul furnizat de simţuri nu pot fi dobîndite concepte pe care le considerăm esenţiale, cum este, de exemplu, cel de conexiune cauzală. Această constatare l-a condus la o atitudine sceptică faţă de orice

* În textul original citatul e dat în engleză (*n. trad.*).

fel de cunoaştere. Cînd citeşti cărţile lui Hume, te cuprinde mirarea că după el atîţia filozofi, între care unii de mare prestigiu, au putut să scrie atîtea obscurităţi şi chiar să găsească pentru ele cititori recunoscători. Hume a influenţat în mod durabil dezvoltarea celor mai buni filozofi de după el. Îl simţi mereu prezent cînd citeşti analizele filozofice ale lui Russell, a căror perspicacitate şi simplitate în expresie mi-au amintit adesea de Hume [1].

Omul are o puternică năzuinţă spre cunoaştere asigurată. Tocmai de aceea a părut zdrobitor mesajul limpede al lui Hume că materialul brut furnizat de simţuri, singura sursă a cunoştinţelor noastre, ne poate duce prin obişnuinţă la credinţă şi aşteptare, nu însă la cunoaşterea unor relaţii legice, şi cu atît mai puţin la înţelegerea lor. Atunci a apărut pe scenă Kant, cu o idee care, deşi este cu siguranţă de nesusţinut în forma pe care i-a dat-o el, a însemnat un pas spre rezolvarea dilemei lui Hume: tot ce este de origine empirică în cunoaştere nu este niciodată cert /Hume/. Dacă, deci, posedăm o cunoaştere certă, ea trebuie să-şi aibă temeiul în raţiunea însăşi. Acesta este cazul — după Kant — cu propoziţiile geometriei şi cu principiul cauzalităţii. Aceste cunoştinţe şi anumite altele sînt, aşa-zicînd, o parte a instrumentarului gîndirii şi ca atare nu urmează a fi dobîndite abia din datele simţurilor. (Altfel spus, ele sînt cunoştinţe „a priori"). Astăzi, fireşte, oricine ştie că cunoştinţele menţionate n-au nimic din certitudinea, din necesitatea internă, pe care le-o atribuia Kant. Ceea ce mi se pare însă corect în felul cum a pus el problema este constatarea că noi facem uz în gîndire, cu o anumită „îndreptăţire", de concepte la care nu se poate ajunge de la materialul oferit de experienţa senzorială, dacă privim situaţia din punct de vedere logic.

În ce mă priveşte, sînt convins că trebuie să susţinem chiar mult mai mult, şi anume, că toate conceptele care intervin în gîndirea şi în exprimările noastre lingvistice sînt — vorbind din punct de vedere logic — creaţii libere ale gîndirii şi nu pot fi dobîndite inductiv din experienţele senzoriale. Lucrul acesta nu este atît de uşor de observat numai pentru că sîntem obişnuiţi să legăm în mod atît de strîns anumite concepte şi combinaţii de concepte (propoziţii) cu anumite experienţe senzoriale, încît nu devenim conştienţi de prăpastia — de netrecut din punct de vedere logic — ce

desparte lumea trăirilor senzoriale de cea a conceptelor și propozițiilor.

Astfel, de exemplu, șirul numerelor întregi este evident o invenție a spiritului uman, un instrument creat de om care înlesnește ordonarea anumitor experiențe senzoriale. Pe nici o cale însă acest concept nu s-ar putea cristaliza din experiența senzorială. Am ales aici conceptul de număr, fiindcă el aparține gîndirii preștiințifice și, cu toate acestea, este ușor de recunoscut caracterul lui constructiv. Cu cît ne adresăm însă mai mult conceptelor celor mai primitive din viața de toate zilele, cu atît masa obișnuințelor înrădăcinate ne îngreuiază mai mult recunoașterea în concept a unei creații de-sine-stătătoare a gîndirii. Așa se face că a putut să apară concepția — nefastă pentru înțelegerea relațiilor existente aici — după care conceptele s-ar degaja din experiență prin „abstractizare", adică prin omiterea unei părți a conținutului acesteia[2]. Vreau să arăt acum de ce mi se pare atît de nefastă această concepție.

Odată ce ți-ai însușit critica lui Hume, ajungi ușor la ideea că toate acele concepte și propoziții care nu pot fi derivate din materialul senzorial, ar trebui înlăturate din gîndire ca fiind „metafizice". Căci orice gîndire își primește conținutul material numai prin legătura sa cu acest material senzorial. Această din urmă aserțiune o consider întru totul adevărată, dar consider greșită prescripția formulată, pe baza ei, pentru gîndire. Fiindcă, dacă ar fi aplicată cu consecvență, această prescripție ar exclude absolut orice gîndire ca fiind „metafizică".

Pentru ca gîndirea să nu degenereze în „metafizică", respectiv în vorbărie găunoasă[3], este necesar doar ca un număr suficient de mare de propoziții ale sistemului conceptual să fie legate îndeajuns de strîns de experiențele senzoriale și ca sistemul conceptual, dată fiind sarcina sa de a ordona și a permite cuprinderea conținuturilor sensibile, să posede o cît mai mare unitate și economicitate cu putință. În rest însă, „sistemul" este (din punct de vedere logic) un joc liber cu simboluri după reguli adoptate în mod arbitrar (din punct de vedere logic). Toate acestea sînt valabile deopotrivă pentru gîndirea din viața de toate zilele, ca și pentru gîndirea mai conștient-sistematic-structurată din domeniul științei.

Acum va fi clar ce am în vedere spunînd următoarele: prin critica sa clară, Hume nu a marcat numai un avans

decisiv în filozofie, ci a creat totodată — fără vina sa — un pericol pentru filozofie, prin aceea că, pe baza criticii sale a luat naştere o nefastă „teamă de metafizică“, devenită o boală a filozofiei empiriste contemporane; această boală constituie replica acelei filozofări nebuloase de odinioară care credea că se poate dispensa de datele senzoriale şi că le poate neglija [4].

Cu toată admiraţia pe care o am pentru analiza pătrunzătoare pe care ne-a dăruit-o Russell în ultima sa carte, *Meaning and Truth*, mi se pare totuşi că şi aici spectrul temerii de metafizică a pricinuit unele pagube. Mi se pare, bunăoară, că teama de metafizică este cea care i-a sugerat autorului să conceapă „lucrul" ca un „mănunchi de calităţi", aceste „calităţi" urmînd să fie luate din materialul senzorial. Faptul că două lucruri sînt unul şi acelaşi lucru dacă toate calităţile lor sînt identice, impune ca şi relaţiile geometrice dintre lucruri să fie incluse printre calităţile lor. (Altminteri am fi nevoiţi să considerăm Turnul Eiffel din Paris şi pe cel din New York ca fiind „acelaşi lucru")*. Contrar acestei poziţii, eu nu văd nici un pericol „metafizic" în a lua lucrul (obiectul în sensul fizicii) ca pe un concept de-sine-stătător în sistem, împreună cu structura spaţio-temporală respectivă.

Legat de aceasta, m-am bucurat întîlnind în capitolul final constatarea că nu ne putem dispensa de „metafizică". Dacă mă nemulţumeşte ceva, este stînjeneala intelectuală care, în legătură cu aceasta, se face uneori simţită printre rînduri [5].

NOTE

1. De cîte ori Einstein îşi exprimă preţuirea pentru un filozof, primul impuls îl constituie sentimentul că a putut învăţa ceva important de la el. Din scrierile lui Hume, pe care le-a studiat în tinereţe în cadrul aşa-numitului cerc *Olimpia*, împreună cu M. Solovine şi C. Habicht, Einstein pare să fi desprins cîteva învăţăminte care i-au orientat judecata, cu deosebire în problemele ştiinţei teoretice. Primul dintre ele este că realismul naiv nu poate fi susţinut şi că, din acest punct de vedere, experienţa istorică a dezvoltării ştiinţelor naturi sprijină concluziile filozofilor empirişti. Al doilea învăţămînt este că nic o cunoaştere despre realitate nu poate fi dobîndită şi asigurată nuın a

* Cf. B. Russell, *An Inquiry into Meaning and Truth*, p. 119—120, cap. „Proper Names".

prin raţiune. În sfîrşit, citindu-l pe Hume, Einstein a înţeles mai bine că nu există condiţii *a priori*, date o dată pentru totdeauna, ale cunoaşterii prin experienţă, necesităţi absolute ale gîndirii, ci numai forme de gîndire relativ adecvate pentru un domeniu determinat al experienţei, care devin obişnuinţe de gîndire adînc înrădăcinate ori de cîte ori cercetarea nu depăşeşte o lungă perioadă de timp limitele acestui domeniu. Categoriile gîndirii fizice mecaniciste sînt tocmai asemenea forme ale gîndirii. Einstein lasă clar să se înţeleagă că s-a apropiat mai mult de Hume decît de alţi filozofi empirişti atras de sobrietatea şi profunzimea analizelor sale, precum şi de farmecul aparte al scrisului acestui autor. Am greşi dacă am înţelege omagiul pe care îl aduce aici Einstein lui Hume crezînd că felul în care gîndeşte el asupra problemelor cunoaşterii este cel al filozofului scoţian. Einstein recunoaşte cu plăcere influenţa pe care au exercitat-o unele lecturi filozofice asupra modului său de a gîndi, dar indică în mod clar, atît în acest text, cît şi în altele, că a ajuns în cele din urmă prin reflecţie asupra propriei sale experienţe ca cercetător al naturii la un punct de vedere propriu. Acest punct de vedere prezintă convergenţe parţiale cu mari orientări din teoria cunoaşterii, dar se delimitează totodată în mod clar de marile tradiţii filozofice.

2. În acest pasaj accentul cade pe critica tezei atît de familiare a empirismului tradiţional, necritic, după care noţiunile iau naştere din datele simţurilor pe o cale logică, prin generalizare sau inducţie. Ceea ce ne reţine cu deosebire atenţia este încercarea lui Einstein de a arăta de ce această idee ne apare atît de naturală şi de familiară. Ori de cîte ori anumite noţiuni funcţionează bine şi o perioadă mai lungă de timp în coordonarea informaţiilor pe care ni le dau simţurile ne permit să sistematizăm aceste informaţii şi să anticipăm evenimentele viitoare, în primul rînd rezultatele acţiunilor noastre, se creează impresia că aceste noţiuni au luat naştere prin neglijarea trăsăturilor individuale şi prin generalizarea a ceea ce este comun în informaţiile despre stări şi evenimente particulare furnizate de organele de simţ. Nu este de mirare că această impresie este mai puternică în cazul noţiunilor gîndirii comune. Deşi respinge aserţiunile specifice ale apriorismului kantian, Einstein apreciază că familiarizarea cu ideile filozofului german poate contribui în mod salutar la slăbirea autorităţii concepţiei inductiviste cu privire la originea şi natura noţiunilor ce constituie cadrele generale ale gîndirii comune şi ştiinţifice. Pentru o apreciere mai explicită a modului cum înţelegea Einstein, ca fizician teoretician, meritele teoriei cunoaşterii a lui Kant, vezi şi *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum*, cu deosebire pasajul indicat de nota (15).

3. Cum indică şi ghilimelele, autorul foloseşte aici termenul *metafizică* într-un sens peiorativ, sensul în care termenul era folosit adesea în literatura filozofică şi ştiinţifică de limbă engleză din acel moment.

4. În această a doua parte a textului Einstein se delimitează în mod clar de concepţia empiristă asupra cunoaşterii pentru care a găsit atîtea cuvinte de apreciere la începutul articolului. Teza că noţiunile gîndirii comune şi ştiinţifice, în particular principiile ştiinţei teoretice, pot fi derivate prin abstractizare şi generalizare din „materialul furnizat de simţuri“ i se pare în aceeaşi măsură greşită ca şi teza că am putea avea o cunoaştere despre realitate în mod *a priori*, adică independent de orice experienţă.

5. Ceea ce Einstein numeşte aici „metafizică" este punctul de vedere că, prin concepte ce nu pot fi derivate din cunoştinţe despre fapte particulare, care trec mult dincolo de ceea ce ne este dat prin simţuri, putem ajunge la cunoştinţe tot mai adecvate despre existenţa reală. Acest fel de a vedea lucrurile îi apare drept premisă a activităţii omului de ştiinţă teoretică. Pentru Einstein atitudinea reticentă şi chiar negativă faţă de gîndirea constructivă pe care o generează „teama de metafizică" este tot atît de potrivnică spiritului cunoaşterii ştiinţifice ca şi speculaţiile ce se sustrag în principiu controlului experienţei.

II

FUNDAMENTELE FIZICII TEORETICE: TEORIA RELATIVITĂȚII ȘI MECANICA CUANTICĂ

CE ESTE TEORIA RELATIVITĂŢII?

Vin cu plăcere în întîmpinarea cererii colaboratorului dumneavoastră de a scrie pentru *Times* ceva despre „relativitate“. Căci, după regretabila ruptură a relaţiilor internaţionale altădată vii, între savanţi [1], aceasta este pentru mine o binevenită ocazie de a-mi exprima sentimentele de bucurie şi recunoştinţă faţă de astronomii şi fizicienii englezi. Faptul că cercetători de seamă au cheltuit mult timp şi şi-au dat multă osteneală, că institutele dumneavoastră ştiinţifice au investit mari mijloace materiale pentru a verifica o consecinţă a unei teorii care a fost elaborată şi publicată în ţara duşmanilor dumneavoastră în timpul războiului este cu totul în spiritul marilor şi înaltelor tradiţii ale muncii ştiinţifice din ţara dumneavoastră. Dacă în cazul cercetării influenţei cîmpului gravitaţional al Soarelui asupra razelor de lumină era vorba şi de o chestiune pur obiectivă, simt totuşi nevoia să exprim colegilor englezi şi mulţumirile mele personale pentru munca depusă de ei, fără de care nu aş mai fi apucat, desigur, să văd verificarea celor mai însemnate consecinţe ale teoriei mele [2].

În fizică pot fi deosebite teorii pe diferite genuri. Cele mai multe sînt teorii constructive. Acestea încearcă să construiască o reprezentare a fenomenelor mai complexe pornind de la un formalism relativ simplu, luat ca bază. Astfel, teoria cinetică a gazelor încearcă să reducă fenomenele mecanice, termice şi de difuziune la mişcări ale moleculelor, adică să le construiască pe baza ipotezei mişcării moleculare. Cînd se spune că s-a reuşit să se înţeleagă un grup de fenomene ale

naturii, prin aceasta se înțelege întotdeauna că s-a găsit o teorie constructivă ce cuprinde fenomenele în discuție.

Dar alături de această importantă clasă de teorii există o a doua, a teoriilor pe care la voi numi teorii de principii *(Prinzip-Theorien)*. Acestea nu folosesc metoda sintetică, ci metoda analitică. Punctul de plecare și baza nu sînt constituite de elemente de construcție ipotetice, ci de însușiri generale ale fenomenelor naturii, descoperite empiric, principii, din care decurg apoi criterii formulate matematic, ce trebuie satisfăcute de fenomenele individuale, respectiv de imaginile lor teoretice. Astfel, pornind de la rezultatul empiric general că *un perpetuum mobile* este imposibil, termodinamica încearcă să stabilească pe căi analitice condițiile pe care fenomenele individuale trebuie să le satisfacă.

Avantajul teoriilor constructive este completitudinea, capacitatea de adaptare și intuitivitatea, în timp ce avantajul teoriilor de principii este perfecțiunea logică și siguranța fundamentelor [3].

Teoria relativității aparține teoriilor de principii. Pentru a-i înțelege esența trebuie mai întîi să cunoaștem principiile pe care se sprijină. Înainte însă de a mă referi la acestea, trebuie să observ că teoria relativității seamănă cu o clădire alcătuită din două etaje separate, teoria specială și teoria generală a relativității. Teoria specială a relativității, pe care se sprijină cea generală, se raportează la toate fenomenele fizice cu excepția gravitației; teoria generală a relativității oferă legea gravitației și relațiile ei cu celelalte forțe ale naturii.

Încă din antichitatea greacă este bine cunoscut că pentru descrierea mișcării unui corp avem nevoie de un al doilea la care se raportează mișcarea celui dintîi. Mișcarea unei trăsuri este raportată la suprafața Pămîntului, mișcarea unei planete la totalitatea stelelor fixe vizibile. În fizică corpul la care sînt raportate fenomenele din punct de vedere spațial este numit sistem de coordonate. Bunăoară legile mecanicii ale lui Galilei și Newton au putut fi formulate numai prin utilizarea unui sistem de coordonate.

Starea de mișcare a sistemului de coordonate nu poate fi însă aleasă în mod arbitrar, dacă este vorba ca legile mecanicii să fie valabile (Sistemul de coordonate trebuie să fie „fără mișcare de rotație“ și „fără mișcare de accelerație“). Sistemul de coordonate admis în mecanică este numit un „sistem inerțial“. Starea de mișcare a unui sistem inerțial

nu este însă, potrivit mecanicii, stabilită univoc de natură. Există mai degrabă principiul: un sistem de coordonate ce se mişcă rectiliniu şi uniform faţă de un sistem inerţial este de asemenea un sistem inerţial. Prin „principiul special al relativităţii" se înţelege generalizarea acestui principiu asupra oricăror fenomene ale naturii: orice lege generală a naturii valabilă în raport cu un sistem de coordonate C trebuie să rămînă valabilă, fără vreo schimbare, în raport cu un sistem de coordonate C_1 care este în mişcare de translaţie uniformă faţă de C.

Al doilea principiu pe care se sprijină teoria specială relativităţii este principiul „constanţei vitezei luminii în vid". Acesta spune: în vid lumina are întotdeauna o viteză de propagare determinată (independent de starea de mişcare şi de sursa luminii). Încrederea fizicianului în acest principiu îşi are originea în succesele electrodinamicii lui Maxwell şi Lorentz.

Amîndouă principiile amintite sînt susţinute cu putere de experienţă, dar par să nu fie logic compatibile unul cu celălalt. Unificarea lor logică a fost realizată, în cele din urmă, în teoria specială a relativităţii printr-o schimbare a cinematicii, adică a teoriei despre legile ce privesc (din punct de vedere fizic) spaţiul şi timpul. S-a dovedit că enunţul simultaneităţii a două evenimente nu are sens decît prin raportare la un sistem de coordonate, că forma etaloanelor de măsurare şi viteza de mişcare a ceasornicelor trebuie să depindă de starea lor de mişcare faţă de sistemul de coordonate.

Vechea fizică, inclusiv legile de mişcare galileo-newtoniene, nu se potriveau însă cinematicii relativiste despre care a fost vorba. Din cea din urmă decurg condiţii matematice generale cărora trebuie să le corespundă legile naturii, dacă este vorba ca cele două principii generale amintite să fie valabile. Acestora trebuia să le fie adaptată fizica[4]. S-a ajuns astfel în particular la o nouă lege a mişcării pentru puncte materiale ce se mişcă rapid, lege care a fost pe deplin confirmată în cazul particulelor încărcate electric. Cel mai însemnat rezultat al teoriei speciale a relativităţii priveà masa inertă a sistemelor materiale. A rezultat că inerţia unui sistem trebuie să depindă de conţinutul său în energie *(Energie-Inhalt)* şi s-a ajuns de-a dreptul la concepţia că masa inertă nu este altceva decît energie la-

tentă. Principiul conservării masei și-a pierdut independența și s-a contopit cu principiul conservării energiei.

Teoria specială a relativității, care nu a fost nimic altceva decît o continuare sistematică a electrodinamicii lui Maxwell și Lorentz, a ridicat însă probleme ce nu au putut fi soluționate în cadrul ei. Independența legilor fizice de starea de mișcare a sistemului de coordonate trebuia oare să fie limitată la mișcări de translație uniforme ale sistemelor de coordonate unele față de altele? Ce are comun natura cu sistemele de coordonate introduse de noi și cu starea lor de mișcare? Dacă pentru descrierea naturii este necesar să folosim un sistem de coordonate introdus în mod arbitrar, atunci alegerea stării sale de mișcare trebuie să nu fie supusă nici unei restricții: legile ar trebui să fie cu totul independente de această alegere (principiul general al relativității).

Stabilirea acestui principiu general al relativității devine ușor de înțeles prin raportare la o experiență de mult cunoscută, după care greutatea și inerția unui corp sînt guvernate de aceeași constantă (egalitatea masei inerte și grele). Să ne gîndim la un sistem de coordonate care este conceput în mișcare de rotație uniformă față de un sistem inerțial în sensul lui Newton. Forțele centrifugale ce intervin în raport cu acest sistem trebuie să fie concepute, în sensul teoriei lui Newton, ca efecte ale inerției. Aceste forțe centrifugale sînt însă, întocmai ca și forțele gravitaționale, proporționale cu masa corpului. Nu s-ar putea să concepem sistemul de coordonate ca imobil, iar forțele centrifugale ca forțe gravitaționale? Concluzia este evidentă, dar mecanica clasică o interzice.

Această reflecție fugară ne lasă să bănuim că o teorie generală a relativității trebuie să ofere legile gravitației, iar urmărirea consecventă a ideii a îndreptățit speranța.

Dar drumul a fost mai greu decît s-ar putea crede, deoarece cerea renunțarea la geometria euclidiană. Aceasta înseamnă că legile după care se dispun în spațiu corpurile solide nu concordă perfect cu legile de așezare pe care le prescrie corpurilor geometria euclidiană. Aceasta se înțelege cînd se vorbește de „curbura spațiului". Conceptele de bază „linie", „suprafață" etc. pierd prin aceasta semnificația lor exactă în fizică.

În teoria generală a relativității, teoria spațiului și timpului, cinematica, nu mai joacă rolul unui fundament independent de restul fizicii. Comportarea geometrică a corpurilor și mersul ceasornicelor depind mai degrabă de cîmpurile gravitaționale care, la rîndul lor, sînt generate de însăși substanța materială.

Din punct de vedere principial, noua teorie a gravitației se îndepărtează considerabil de teoria lui Newton. Dar rezultatele ei practice sînt într-un acord atît de strîns cu cele ale teoriei newtoniene încît este greu să găsim criteriile de distincție care sînt accesibile experienței [5]. S-au găsit pînă acum următoarele:

1) În rotația elipselor traiectoriilor planetelor în jurul Soarelui (rotație confirmată la planeta Mercur).

2) În curbura razelor de lumină datorată cîmpurilor gravitaționale (confirmată de imaginile luate de englezi cu ocazia eclipsei de soare).

3) Într-o deplasare a liniilor spectrale spre extremitatea roșu a spectrului luminii transmise nouă de stele cu o masă considerabilă (pînă acum neconfirmată *).

Puterea de atracție principală a teoriei stă în coerența ei logică. Dacă una singură din consecințele deduse din ea se va dovedi inexactă, ea va trebui să fie părăsită; o modificare pare să nu fie cu putință fără distrugerea întregului [6].

Nimeni nu trebuie însă să-și închipuie că prin această teorie sau prin oricare alta marea creație a lui Newton ar putea fi dată la o parte în sensul propriu al cuvîntului. Ideile sale clare și mari își vor păstra întotdeauna însemnătatea lor eminentă ca fundament al întregii noastre construcții conceptuale moderne în domeniul filozofiei naturale.

Notă suplimentară: Observațiile ziarului dumneavoastră privitoare la persoana mea și la împrejurările vieții mele izvorăsc în parte din fantezia demnă de invidiat a autorului lor. Iată încă o probă de aplicare a principiului relativității, spre desfătarea cititorului: astăzi eu sînt numit în Germania un „savant german", iar în Anglia un „evreu elvețian"; dacă însă, la un moment dat, s-ar ajunge la situația să fiu prezentat ca „bête noire", atunci aș fi, invers, pentru germani un „evreu elvețian" iar pentru englezi un „savant german".

---

* Și acest criteriu a fost între timp confirmat (nota editorului din anul 1934).

1. La 6 noiembrie 1919 a avut loc la Londra o şedinţă comună a Societăţii Regale de Ştiinţe şi a Societăţii Astronomice Regale, în care au fost anunţate constatările făcute de expediţiile astronomice engleze din Brazilia şi Africa de Vest cu ocazia eclipsei totale de soare din 29 martie a aceluiaşi an. Ele au confirmat o predicţie a teoriei generale a relativităţii. Ecoul public al acestui eveniment pur ştiinţific a fost neobişnuit de mare. Mai întîi, deoarece confirmarea prin observaţii astronomice a teoriei lui Einstein punea într-o lumină nouă teoria gravitaţiei a lui Newton, o teorie care a fost aplicată cu succes mai mult de două secole. În al doilea rînd, fiindcă această confirmare a unei teorii îndrăzneţe formulate de către un om de ştiinţă german a fost realizată de cercetători englezi la puţin timp după încheierea unui lung şi sîngeros conflict între cele două ţări. În ziarul *Times* din 7 noiembrie 1919, alături de evenimentele politice ale zilei, era inserat şi următorul titlu: *Răsturnare în ştiinţă. Teoria lui Newton a fost infirmată*. În zilele următoare *Times* şi alte ziare engleze, ca şi presa internaţională în general, au scris mult despre Einstein, care a devenit astfel primul om de ştiinţă din istorie cunoscut unui cerc foarte larg de oameni fără preocupări ştiinţifice. Curînd Einstein a răspuns solicitării ziarului de a scrie un articol de popularizare asupra teoriei relativităţii apreciind că poate contribui în acest fel la reluarea relaţiilor de colaborare dintre oamenii de ştiinţă din cele două ţări. Sforţările sale au fost încununate de succes. În vara anului 1921, Einstein a fost primul savant german care a vizitat după război Anglia.

2. Autorul se referă la verificarea uneia din predicţiile teoriei generale a relativităţii, curbura razelor de lumină în cîmpul gravitaţional al Soarelui, care a fost întreprinsă cu ocazia eclipsei de soare din 29 martie 1919. Două expediţii echipate de Societatea Regală de Ştiinţe din Londra, sub conducerea astronomilor Eddington şi Crommelin, au luat forografii la Sobral, în nordul Braziliei, şi pe insula Principe, în golful Guineei. Unele fotografii au arătat clar că razele de lumină emanate de la stelele fixe apropiate de soare au fost deviate cînd au trecut prin cîmpul gravitaţional al soarelui. Einstein a calculat o abatere de 1,75 secunde de arc, iar măsurătorile au indicat o abatere de aproximativ 1,70 secunde de arc. Observaţiile au fost repetate în 1952 în Sudan cu o aparatură mai fină, dînd rezultate apropiate de cele prezise de teorie. Confirmarea unei predicţii atît de riscante a contribuit mult la creşterea reputaţiei lui Einstein în afara unor cercuri ştiinţifice mai înguste. Einstein îi scria lui Planck: „Este totuşi o favoare a sorţii că am putut să trăiesc această clipă".

3. Pentru o altă referire la distincţia dintre teorii constructive şi teorii de principii şi pentru caracterizarea teoriei relativităţii ca o teorie de principii, vezi şi *Notele autobiografice*.

4. Einstein reia aici observaţii formulate şi în alte texte cu privire la rolul pe care l-au jucat consideraţiile de principiu în elaborarea teoriei restrînse şi generale a relativităţii. Teoria restrînsă a relativităţii a izvorît din străduinţele de a armoniza două principii fizice confirmate de experienţă, dar aparent incompatibile, principiul relativităţii mişcării şi principiul constanţei vitezei luminii în vid. Deducţia matematică

a fost în măsură să arate că prețul ce trebuie plătit pentru formularea unei teorii mai generale a mişcării este revizuirea conceptelor de spațiu și timp ale cinematicii clasice. Vezi și nota 5 la *Discurs de recepție la Academia prusacă de științe*.

5. Este o formulare simplă și clară a relației de corespondență între două teorii fizice pe care Einstein le caracterizează drept esențial deosebite în principiile lor. Dacă cele două teorii pot fi distinse ca descrieri ale lumii fizice reale, ele coincid în predicțiile lor într-un domeniu cuprinzător al experienței, adică pentru acele regiuni ale universului în care intensitatea cîmpului gravitațional nu depășește o anumită limită.

6. Această apreciere ni se pare deosebit de importantă pentru înțelegerea aspirațiilor care au animat cercetările teoretice ale lui Einstein și a concluziilor pe care le-a tras el din succesul unora din strădaniile sale științifice. Valoarea teoriei generale a relativității stă, după Einstein, în relația logică deosebit de strînsă dintre principii și consecințe, în particular dintre principii și consecințele experimentale deduse din teorie. Acordul unei asemenea teorii cu datele experienței nu va putea fi restabilit prin modificări ale unor ipoteze auxiliare, lăsînd neatinse principiile teoriei. Dacă fie și o singură consecință empirică dedusă din teorie va fi contrazisă de datele experienței, teoria va trebui considerată drept infirmată. În încheierea foarte instructivei sale lucrări de popularizare, *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie (gemeinverständlich)*, a cărei primă ediție apare în 1917, Einstein preciza: „Dacă deplasarea spre roșu a liniilor spectrale datorită cîmpului gravitațional nu ar exista, teoria generală a relativității ar fi de nesusținut." Einstein sugerează clar că severitatea textelor empirice cărora poate să le fie supusă o teorie fizică sporește pe măsură ce crește gradul de coerență internă al teoriei. Pe de altă parte, dacă consecințele deduse dintr-o teorie atît de abstractă, care a fost elaborată pe baza unor considerații de principiu și nu sub presiunea experienței, sînt în mod sistematic de acord cu datele experienței, rezultă că există un acord între considerații de simplitate logică și frumusețe matematică, pe de o parte, și natura realității, pe de altă parte. Ideea caracterului „inteligibil", „rațional" al realității, idee care revine în mai multe texte scrise de Einstein după 1920, exprimă în primul rînd modul cum a înțeles și a interpretat el succesul strădaniilor sale de generalizare a teoriei relativității. Sommerfeld își amintește că în fața unei teorii ce i se părea arbitrară sau forțată, în contradicție cu credința sa în simplitatea și armonia rațională a naturii, Einstein obișnuia să spună: „So etwas tut der liebe Gott nicht" *(Bunul Dumnezeu nu face așa ceva)*. (Vezi A. Sommerfeld, *Albert Einstein*, în (ed.) P. A. Schilpp, *Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher*, W. Kohlhammer Verlag, Stuttgart, 1955, p. 40.)

FIZICA ŞI REALITATEA

1. Consideraţii generale despre metoda ştiinţei

S-a spus deseori şi, desigur, nu pe nedrept, că omul de ştiinţă este un slab filozof. De ce atunci n-ar fi mai bine ca şi fizicianul să lase filozofarea în seama filozofilor? Se prea poate că lucrul acesta să fi fost valabil într-o epocă în care fizicienii credeau că dispun de un sistem solid de concepte fundamentale şi de legi fundamentale în afara oricărei îndoieli, nu însă într-o epocă în care întreg fundamentul fizicii a devenit problematic, cum se întîmplă astăzi. Într-o epocă cum este a noastră, cînd experienţa ne obligă să căutăm o bază nouă, mai solidă, fizicianul nu poate să lase pur şi simplu în seama filozofiei examinarea critică a fundamentelor teoretice, căci numai el cunoaşte şi simte cel mai bine punctul nevralgic; căutînd un nou fundament, el trebuie să se edifice cît mai bine asupra justificării şi necesităţii conceptelor pe care le foloseşte [1].

Întreaga ştiinţă nu este altceva decît o rafinare a gîndirii de toate zilele. Ca urmare, gîndirea critică a fizicianului nu se poate limita la examinarea conceptelor din propriul său domeniu special, ci trebuie să se oprească şi asupra gîndirii de toate zilele, care este mult mai greu de analizat[2].

Pe scena vieţii noastre psihice se perindă într-un şir pestriţ experienţe senzoriale, amintiri despre ele, reprezentări şi sentimente. Spre deosebire de psihologie, fizica are de-a face (în mod direct) numai cu experienţe senzoriale şi cu „înţelegerea" conexiunilor dintre ele. Dar pînă şi conceptul de „lume exterioară reală" din gîndirea de toate zilele se bazează exclusiv pe impresii senzoriale.

Să observăm mai întîi că nu se poate face o deosebire, în orice caz nu una certă, între impresiile senzoriale (senzații) și reprezentări. Aici vom lăsa însă de o parte această problematică, ce privește și conceptul de realitate, și vom lua experiențele senzoriale ca perceptibile și date, ca trăiri psihice de un fel deosebit.

Cred că primul pas spre postularea unei „lumi exterioare reale" îl constituie formarea noțiunii de obiect corporal, respectiv de obiecte corporale de diverse feluri. Noi desprindem mental, în mod arbitrar, din multitudinea experiențelor noastre senzoriale, anumite complexe de senzații care se repetă (în parte asociate cu senzații ce sînt interpretate ca semne ale experiențelor senzoriale ale altor oameni) și le atașăm un concept — acela de obiect corporal. Din punct de vedere logic, conceptul acesta nu este identic cu totalitatea acelor impresii senzoriale, ci este o creație liberă a spiritului uman (sau animal). Pe de altă parte însă, acest concept își datorează în mod exclusiv semnificația și justificarea totalității acelor impresii senzoriale cărora le este asociat [3].

Al doilea pas constă în aceea că în gîndirea noastră care ne (determină așteptările), atribuim respectivului concept de obiect corporal o semnificație în mare măsură independentă de impresiile senzoriale în legătură cu care a luat ființă. Asta este ceea ce avem în vedere atunci cînd atribuim obiectului corporal „existență reală". Îndreptățirea acestei postulări constă exclusiv în faptul că prin intermediul conceptelor de acest fel și al relațiilor mintale dintre ele izbutim să ne orientăm în labirintul impresiilor senzoriale. Aceste concepte și relații — deși sînt construcții libere ale gîndirii — ni se par mai solide și mai statornice decît o experiență senzorială individuală, de care nu sîntem niciodată absolut siguri că n-are caracterul unei iluzii sau al unei halucinații [4]. Pe de altă parte, aceste concepte și relații, îndeosebi postularea unor obiecte reale și în general a unei „lumi reale", se justifică numai în măsura în care sînt legate de experiențe senzoriale, între care stabilesc legături mentale.

Faptul însuși că totalitatea experiențelor noastre senzoriale este de așa natură încît poate fi ordonată prin gîndire (prin operații cu concepte și prin crearea și aplicarea anumitor legături funcționale dintre acestea, precum și prin coordonarea experiențelor senzoriale cu conceptele) poate, desigur,

să ne mire, dar niciodată nu va fi înțeles. S-ar putea spune că ceea ce va rămîne veșnic neinteligibil în privința lumii este inteligibilitatea ei. Lui Immanuel Kant îi revine marele merit de a-și fi dat seama că fără această inteligibilitate recunoașterea unei lumi exterioare reale ar fi lipsită de sens.

Expresia „inteligibilitate" („Begreiflichkeit"), așa cum o folosim aici, trebuie luată în accepțiunea ei cea mai modestă. Ea înseamnă: realizarea unei ordini între experiențele senzoriale, prin crearea de concepte generale și de relații între aceste concepte, ca și prin relații stabilite într-un fel oarecare între concepte și experiențele senzoriale. În sensul acesta este inteligibilă lumea experiențelor noastre senzoriale, iar faptul că e inteligibilă este un miracol [5].

Despre modul în care trebuie construite și legate între ele conceptele, ca și despre modul cum trebuie să le coordonăm cu experiențele senzoriale, nu se poate spune, după părerea mea, nimic *a priori*. Numai succesul în edificarea unei ordini în experiențele senzoriale este cel care decide. Necesară este doar enunțarea de reguli privind legăturile dintre conceptele respective, căci altminteri nu ar fi posibilă o cunoaștere ca aceea spre care năzuim. Aceste reguli au fost comparate cu regulile unui joc, care sînt ca atare arbitrare, dar a căror precizie face însă abia cu putință jocul. Fixarea acestor reguli nu va fi însă niciodată definitivă, ci se poate pretinde valabilă numai pentru un domeniu de aplicație determinat (cu alte cuvinte, nu există categorii definitive în sensul lui Kant).

Corelațiile conceptelor elementare din gîndirea curentă cu complexe de senzații pot fi sesizate numai în mod intuitiv și nu sînt susceptibile de o determinare logic-științifică. Totalitatea acestor legături — inexprimabile ele însele conceptual — este singurul lucru ce deosebește edificiul științei de o schemă logică conceptuală goală; grație acestor corelații, propozițiile pur conceptuale ale științei devin enunțuri generale despre complexe de experiențe senzoriale.

Conceptele legate în mod direct și intuitiv cu complexe tipice de experiențe senzoriale le vom numi „concepte primare". Toate celelalte concepte au sens — considerate din punct de vedere fizic — numai în măsura în care se leagă, prin propoziții, cu „conceptele primare". Aceste propoziții

sînt în parte definiţii ale conceptelor (şi enunţuri deductibile logic din acestea), iar în parte propoziţii ce nu decurg din definiţii, ci enunţă, cel puţin indirect, relaţii între „concepte primare“ şi deci între experienţe senzoriale. Propoziţiile de acest din urmă fel sînt „aserţiuni despre realitate“ sau „legi ale naturii“, adică propoziţii care trebuie să fie confirmate *(sich zu bewähren haben)* prin raportare la experienţe senzoriale cuprinse sub concepte primare [6]. Care dintre propoziţii trebuie considerate drept definiţii şi care drept legi ale naturii, depinde în mare măsură de formularea aleasă; o atare diferenţiere este însă cu adevărat necesară numai atunci, cînd vrem să aflăm în ce măsură întreg sistemul conceptual considerat posedă, din punct de vedere fizic, un conţinut.

2. Stratificarea sistemului ştiinţific

Scopul ştiinţei este, întîi, cuprinderea şi conectarea conceptuală cît mai *completă* a experienţelor senzoriale în toată diversitatea lor, iar în al doilea rînd, atingerea acestui scop *prin folosirea unui minim de concepte şi relaţii primare* (năzuind spre unitatea cît mai logică a imaginii despre lume, adică spre simplitatea logică a bazei sale) [7].

Ştiinţa se foloseşte de întreaga multitudine a conceptelor primare, adică a conceptelor legate nemijlocit de experienţe senzoriale, ca şi de multitudinea propoziţiilor care leagă între ele aceste concepte. În primul ei stadiu de dezvoltare ea nu conţine nimic mai mult. Gîndirea noastră de toate zilele se mulţumeşte, în linii mari, să rămînă la această treaptă. Un spirit cu adevărat ştiinţific nu se poate împăca însă cu această situaţie, deoarece mulţimea de concepte şi relaţii ce se pot dobîndi astfel este total lipsită de unitate logică. Pentru a remedia acest neajuns, el inventează un sistem mai sărac în concepte şi relaţii, ce cuprinde conceptele şi relaţiile primare din „primul strat“ în calitate de concepte şi relaţii logic derivate. Preţul care se plăteşte pentru gradul mai înalt de unitate logică al acestui nou sistem, „secundar“, constă în faptul că noţiunile sale iniţiale (conceptele din „stratul al doilea“) nu mai sînt legate nemijlocit de complexe de experienţe senzoriale. Năzuinţa continuă spre simplitate logică duce la edificarea unui sistem terţiar, cu un număr şi

mai mic de concepte și relații, din care să poată fi deduse conceptele și relațiile aparținînd stratului secundar (și astfel, indirect, și cele din stratul primar). Lucrurile continuă în acest fel, pînă cînd ajungem la un sistem a cărui bază logică se caracterizează prin cea mai mare unitate și economie de concepte imaginabilă, compatibil cu ansamblul datelor furnizate de simțuri. Nu știm dacă în felul acesta vom ajunge vreodată la un sistem definitiv. Cînd ni se cere părerea, înclinăm să răspundem că nu; dar cînd ne confruntăm efectiv cu problemele, sîntem animați de speranța că acest țel suprem poate realmente să fie atins într-o mare măsură.

Un adept al teoriei abstracției sau a inducției ar numi straturile despre care am vorbit mai înainte „grade de abstractizare". Mie însă mi se pare greșit să disimulăm independența logică a conceptelor față de experiențele senzoriale; nu avem de-a face aici cu o relație cum este cea dintre supă și carnea din care este preparată, ci mai degrabă cu una de felul celei ce există între numărul de la garderobă și pardesiu.

În plus, straturile nu sînt net delimitate între ele. Nu este cu totul clară nici apartenența unui concept la stratul primar. De fapt, este vorba de concepte construite în mod liber, legate în mod intuitiv de complexe de experiențe senzoriale cu o siguranță suficientă pentru aplicare, astfel încît să nu existe incertitudine în constatarea acordului sau dezacordului unei propoziții cu o experiență particulară. Esențială este doar năzuința de a reprezenta multitudinea conceptelor și propozițiilor apropiate de experiență ca fiind deduse logic dintr-o bază cît mai restrînsă de concepte și relații fundamentale, care pot fi, ele însele, liber alese (axiome). Această libertate de alegere nu este însă fără limite; ea nu seamănă cu libertatea unui romancier, ci mai curînd cu libertatea unui om căruia i s-a dat să rezolve un joc de cuvinte încrucișate bine conceput. El poate propune, ce-i drept, ca soluție orice cuvînt vrea; dar de fapt există *unul singur* care realmente rezolvă jocul în toate părțile lui. Că natura, așa cum este ea accesibilă simțurilor noastre, are caracterul unui asemenea joc de cuvinte încrucișate bine făcut este o credință pe care, ce-i drept, succesele de pînă acum ale științei o încurajează întrucîtva [8].

Multitudinea de straturi despre care am vorbit mai sus corespunde progreselor realizate în cursul dezvoltării în lupta pentru unitatea bazei. Din perspectiva țelului final, straturile

intermediare au doar o valoare temporară, urmînd să dispară la sfîrșit ca irelevante. Noi avem de-a face însă cu știința de astăzi, în care aceste straturi reprezintă succese parțiale problematice, care se susțin reciproc, dar se și primejduiesc reciproc; căci sistemul conceptual de astăzi conține incongruități profunde, de care ne vom izbi mai tîrziu.

Scopul rîndurilor care urmează este să arăt pe ce căi a pășit spiritul uman constructor spre a ajunge la o bază conceptuală cît mai unitară din punct de vedere logic a fizicii.

3. Mecanica și încercarea de a întemeia pe ea întreaga fizică

O proprietate importantă a experiențelor noastre senzoriale, ca și a experiențelor noastre în general, este ordinea lor temporală. Această proprietate de ordine duce la construirea mentală a timpului subiectiv, o schemă ordonatoare pentru experiențele noastre. Timpul subiectiv, cum vom vedea mai departe, duce apoi, prin conceptul de obiect corporal și de spațiu, la conceptul de timp obiectiv.

Conceptului de timp obiectiv îi precede însă cel de spațiu, iar acestuia îi precede conceptul de obiect corporal; ultimul este legat în mod direct cu complexe de experiențe senzoriale. O proprietate caracteristică a conceptului de „obiect corporal" constă, după cum s-a arătat, în aceea că noi corelăm cu un asemenea obiect o existență independentă de timp (de „timpul subiectiv") și independentă de perceperea lui senzorială. Facem asta în ciuda faptului că percepem în el schimbări temporale. După cum a evidențiat pe bună dreptate Poincaré, la obiectele corporale deosebim două feluri de schimbări — „schimbări de stare" și „schimbări de poziție"; acestea din urmă sînt, spunea el, acele schimbări pe care le putem anula prin mișcări arbitrare ale corpului nostru.

Că există obiecte corporale cărora înăuntrul unui anumit domeniu perceptual nu trebuie să le atribuim nici un fel de schimbări de stare, ci doar schimbări de poziție, este un fapt de importanță fundamentală pentru formarea conceptului de spațiu (iar într-o anumită măsură chiar și pentru justificarea noțiunii de obiect corporal); vom conveni să spunem despre un asemenea obiect că este „practic rigid".

Dacă considerăm simultan ca obiect al percepției noastre două corpuri practic rigide, altfel spus, dacă considerăm două asemenea corpuri ca formînd un întreg, pentru acest întreg vor exista schimbări ce *nu* vor putea fi considerate drept schimbări de poziție ale întregului, deși ele sînt schimbări de poziție pentru fiecare dintre componente. Aceasta duce la noțiunea de „schimbare a poziției relative" a celor două obiecte, și implicit și la noțiunea de „poziție relativă" a celor două obiecte. Se vădește, mai departe, că printre pozițiile relative există una de un fel aparte, pe care o numim „contact" *. Contactul permanent între două corpuri în trei sau mai multe „puncte" înseamnă unirea lor într-un corp compus (cvasi-rigid). Se poate spune că primul corp a fost prelungit în mod cvasi-rigid prin cel de-al doilea, care poate fi și el, la rîndul său, prelungit în mod cvasi-rigid. Posibilitatea prelungirii cvasi-rigide a unui corp este nelimitată. Esențialul imaginarei prelungiri cvasi-rigide a unui corp K_0 îl constituie „spațiul" infinit determinat de ea.

După părerea mea, faptul că fiecare corp, situat într-un fel oarecare, poate fi pus în contact cu prelungirea cvasi-rigidă a unui anumit corp K_0 arbitrar ales (corpul de referință) constituie baza empirică a conceptului nostru de spațiu. În gîndirea preștiințifică, scoarța solidă a Pămîntului joacă rolul lui K_0 și al prelungirii sale. Însuși numele de geometrie ne sugerează că noțiunea de spațiu este legată psihologic cu Pămîntul în calitate de corp de referință [9].

Îndrăzneața noțiune de spațiu, care a precedat orice geometrie științifică, a transformat pe plan mintal conceptul de relații de poziție între obiecte corporale în conceptul de poziție a obiectelor corporale „în spațiu". Aceasta reprezintă, în sine, deja o mare simplificare formală. Grație acestei transformări, orice enunț referitor la poziție este implicit un enunț privitor la contact; enunțul că un punct al unui obiect corporal se află în punctul P din spațiu înseamnă că obiectul atinge cu punctul respectiv punctul P al corpului de referință K_0 (pe care-l presupunem prelungit în mod corespunzător).

---

* Ține de natura lucrurilor că nu putem vorbi despre toate acestea decît folosind concepte construite de noi, ce nu pot fi definite. Esențial e însă că folosim numai concepte de a căror coordonare cu materialul experienței noastre avem dreptul să ne socotim siguri.

În geometria grecilor spațiul joacă numai un rol așa-zicînd calitativ: poziția corpurilor era gîndită, ce-i drept, în raport cu el, dar nu era descrisă prin numere. Descartes a fost primul care, mai tîrziu, a făcut acest lucru. În limbajul său, întregul conținut al geometriei euclidiene poate fi întemeiat axiomatic pe următoarele enunțuri: (1) Două puncte specificate ale unui corp rigid determină un segment de dreaptă. (2) Putem asocia punctelor din spațiu triplete de numere X_1, X_2, X_3, astfel încît pentru orice segment P'-P" ale cărui capete au coordonatele X'_1, X'_2, X'_3, X''_1, X''_2, X''_3 expresia

$$s^2 = (X''_1 - X'_1)^2 + (X''_2 - X'_2)^2 + (X''_3 - X'_3)^2$$

să fie independentă de poziția corpului respectiv și a tuturor celorlalte corpuri. Numărul (pozitiv) *s* se numește lungimea segmentului sau distanța dintre cele două puncte spațiale P' și P'' (care coincid cu punctele P' și P'' ale segmentului).

Formularea este anume aleasă de așa manieră, încît să evidențieze clar nu numai conținutul logico-axiomatic, ci și pe cel empiric al geometriei euclidiene. Prezentarea pur logică (axiomatică) a geometriei euclidiene are, ce-i drept, avantajul unei mai mari clarități și simplități. Avantajul acesta este plătit însă prin renunțarea la reprezentarea legăturii dintre construcția conceptuală și experiența senzorială, legătură pe care se sprijină în mod exclusiv semnificația geometriei pentru fizică. Eroarea fatală de a crede că geometria euclidiană și conceptul de spațiu cu care operează ea au la bază o necesitate a gîndirii anterioară oricărei experiențe a izvorît din faptul că a fost dată uitării baza empirică pe care se sprijină construcția axiomatică a geometriei euclidiene[10].

În măsura în care putem vorbi de existența corpurilor rigide în natură, geometria euclidiană este o știință fizică ce trebuie confirmată prin confruntarea cu experiența senzorială. Ea se referă la totalitatea propozițiilor ce trebuie să fie valabile pentru pozițiile relative ale corpurilor rigide independent de timp. După cum se vede, conceptul fizic de spațiu, așa cum a fost folosit inițial în fizică, este legat și el de existența corpurilor rigide.

Din punct de vedere fizic, importanța centrală a geometriei euclidiene constă în aceea că, independent de natura specifică a corpurilor despre a căror poziție relativă este vorba, enunțurile ei pretind a fi valabile. Simplitatea ei

formală este caracterizată prin proprietățile de omogenitate și izotropie (și existența unor entități asemănătoare).

Pentru geometria propriu-zisă, adică pentru formularea regularităților privitoare la pozițiile relative ale corpurilor rigide, conceptul de spațiu este, ce-i drept, util, însă nu și indispensabil. În schimb, conceptul de timp obiectiv, fără de care nu este posibilă formularea fundamentelor mecanicii clasice, este legat de conceptul de continuu spațial.

Introducerea timpului obiectiv constă din două aserțiuni reciproc independente:

(1) Introducerea timpului local obiectiv, prin corelarea șirului temporal al experiențelor cu indicațiile unui „ceasornic", adică ale unui sistem închis cu mișcare periodică.

(2) Introducerea conceptului de timp obiectiv pentru evenimentele din *întregul spațiu*, prin care, abia, noțiunea de timp local este lărgită pînă la noțiunea de timp din fizică.

Observație la (1). După părerea mea, nu comitem un *petitio principii* punînd noțiunea de mișcare periodică înaintea celei de timp, cînd e vorba de clarificarea originii și a conținutului empiric al noțiunii de timp. Această concepție corespunde întru totul primordialității conceptului de corp rigid (respectiv cvasi-rigid) în interpretarea noțiunii de spațiu.

Dezvoltare la punctul (2). Iluzia care a domnit înainte de formularea teoriei relativității, că ar fi *a priori* clar din punctul de vedere al experienței ce înseamnă simultaneitatea în raport cu evenimente distanțate în spațiu și ce înseamnă timpul fizic în general își are originea în faptul că în experiența cotidiană putem neglija timpul de propagare a luminii. Sîntem obișnuiți de aceea să nu deosebim între „simultan" și „a se întîmpla simultan", ceea ce duce la ștergerea deosebirii dintre timp și timp local.

Imprecizia ce afectează noțiunea de timp a mecanicii clasice, din punctul de vedere al semnificației ei empirice, a fost ascunsă în prezentările axiomatice, prin aceea că ele au tratat spațiul și timpul ca pe un dat independent de experiențele senzoriale. O asemenea ipostaziere (autonomizare) a unor noțiuni nu este neapărat păgubitoare pentru știință; ea poate însă lesne să genereze eroarea de a uita originea empirică a acestor noțiuni și de a le considera drept necesități înscrise în structura gîndirii și prin aceasta imuabile, ceea ce poate deveni o primejdie reală pentru progresul științei [11].

Pentru dezvoltarea mecanicii și implicit a fizicii în general a fost un noroc că gînditorilor mai de demult le-a rămas ascunsă imprecizia aferentă conceptului de timp obiectiv în privința interpretării lui empirice. Cu deplină încredere în semnificația reală a construcției spațio-temporale a fost edificat fundamentul mecanicii, care poate fi caracterizat în felul următor:

(a) Conceptul de punct material: obiect corporal care, în ce privește poziția și mișcarea, poate fi descris cu suficientă precizie drept un punct cu coordonatele x_1, x_2, x_3. Descrierea mișcării sale (în raport cu „spațiul" K_0) luînd x_1, x_2, x_3 ca funcții de timp.

(b) Legea inerției: dispariția componentelor accelerației pentru un punct material care este suficient depărtat de toate celelalte.

(c) Legea mișcării (punctului material): forța = masa × accelerația.

(d) Legile forței (ale acțiunii reciproce între puncte materiale).

Aici (b) nu este decît un caz special important al lui (c). O teorie reală există doar atunci cînd sînt date legile forței; forțele trebuie mai întîi să satisfacă doar legea egalității acțiunii și reacției, pentru ca un sistem de puncte — legate permanent în spațiu prin forțe unul de altul — să se comporte ca *un singur* punct material. Aceste legi fundamentale, împreună cu legea newtoniană a forței gravitaționale, formează baza mecanicii cerești clasice. În această mecanică a lui Newton, prin contrast cu concepția despre spațiu expusă mai sus și derivată din ideea de corp rigid, spațiul K_0 intervine într-un mod ce pune în joc un element nou: valabilitatea lui (b) și (c) nu este cerută (considerînd dată legea forței) pentru orice K_0, ci numai pentru asemenea K_0 care se află într-o stare de mișcare corespunzătoare (sistemele inerțiale)*. Prin aceasta, spațiul de coordonate dobîndește o proprietate fizică independentă, absentă din

* Acest defect al teoriei ar fi putut fi remediat numai printr-o asemenea formulare a mecanicii, care să rămînă valabilă pentru orice K_0. Acesta este unul din pașii care au condus la teoria generală a relativității. Un al doilea defect, care se elimină tot așa, numai prin introducerea teoriei generale a relativității, constă în aceea că în cadrul mecanicii nu există nici o rațiune pentru egalitatea masei inerțiale a punctului material cu masa lui gravitațională.

noțiunea pur geometrică de spațiu-fapt care i-a dat multă bătaie de cap lui Newton (experimentul cu vasul).

Mecanica clasică ete doar o schemă generală; ea devine o teorie abia prin indicarea explicită a legilor forței (d), așa cum a făcut cu atîta succes Newton pentru mecanica cerească. Din punctul de vedere al obiectivului maximei simplități logice a fundamentelor, această metodă teoretică prezintă neajunsul că legile forței nu pot fi obținute prin considerații logice și formale, astfel încît, alegerea lor este în mare măsură *a priori* arbitrară. Legea gravitațională a forței formulată de Newton se deosebește exclusiv prin *succesul* ei de alte legi ale forței care se pot concepe.

În ciuda faptului că astăzi știm în mod pozitiv că mecanica clasică nu oferă un fundament satisfăcător pentru întreaga fizică, ea continuă să stea în centrul întregii noastre gîndiri în fizică. Motivul e că, cu tot progresul important realizat de la Newton încoace, noi nu am ajuns încă la un nou fundament al fizicii din care să fim siguri că s-ar putea deduce logic întreaga complexitate a fenomenelor cercetate și a sistemelor teoretice parțiale încununate de succes. Voi încerca, în cele ce urmează, să descriu pe scurt cum stau lucrurile în această privință.

Să încercăm mai întîi să stabilim clar în ce măsură sistemul mecanicii clasice s-a dovedit apt să servească drept bază pentru întreaga fizică. Cum ceea ce ne preocupă aici sînt numai fundamentele fizicii și evoluția lor, putem lăsa de o parte progresele pur *formale* ale mecanicii (ecuațiile lui Lagrange, ecuațiile canonice etc.). Doar o observație pare a fi indispensabilă. Noțiunea de „punct material“ este fundamentală pentru mecanică. Dacă vom căuta acum mecanica unui obiect corporal ce *nu* poate fi tratat el însuși ca punct material — or, strict vorbind, orice obiect „perceptibil prin simțuri“ aparține acestei categorii — se pune întrebarea: Cum ne vom imagina obiectul ca alcătuit din puncte materiale și ce forțe trebuie să admitem că acționează între ele? Formularea acestei întrebări este indispensabilă, dacă mecanica pretinde să ofere o descriere *completă* a obiectelor.

Stă în tendința firească a mecanicii să presupună că aceste puncte materiale și legile forțelor ce acționează între ele sînt invariabile, dat fiind că modificările temporale s-ar afla în afara domeniului explicației mecanice. Vedem de aici că mecanica clasică trebuie să ne ducă în mod necesar

la o construcție atomistă a materiei. Înțelegem acum cu deosebită claritate cît de mult greșesc acei teoreticieni ai cunoașterii care cred că teoria ia naștere inductiv din experiență. Nici măcar marele Newton n-a putut evita această eroare („Hypotheses non fingo“) [12].

Spre a nu se pierde fără speranță în această linie de gîndire (atomistă), știința procedează mai întîi în felul următor. Mecanica unui sistem este determinată dacă energia lui potențială este dată ca funcție de configurația lui. În cazul cînd forțele ce acționează în el sînt de așa natură încît garantează menținerea anumitor calități de ordine ale configurației sistemului, atunci configurația poate fi descrisă cu destulă acuratețe printr-un număr relativ mic de variabile de configurație qr; energia potențială este considerată numai în măsura în care depinde de *aceste* variabile de configurație (de exemplu, descrierea configurației unui corp practic rigid cu ajutorul a șase variabile).

Un al doilea mod de aplicare a mecanicii care evită considerarea unei divizări a materiei ce-ar merge pînă la punctele ei materiale „reale“ este mecanica așa-numitelor medii continue. Aceasta se caracterizează prin ficțiunea că densitatea materiei și viteza ei sînt continuu dependente de coordonate și timp și că acea parte a interacțiunilor care nu este dată în mod explicit poate fi considerată drept forțe superficiale (forțe de presiune) ce sînt de asemenea funcții continue ale poziției. De aceasta țin teoria hidrodinamică și teoria elasticității corpurilor solide. Aceste teorii evită introducerea explicită a punctelor materiale, prin ficțiuni care, în raport cu fundamentul mecanicii clasice, nu pot avea decît o semnificație aproximativă.

Pe lîngă marea lor însemnătate *practică*, aceste discipline științifice au creat — prin extinderea universului ideilor matematice — acele instrumente formale auxiliare (ecuațiile diferențiale parțiale) de care era nevoie pentru încercările ulterioare de a da o nouă fundamentere a întregii fizici în comparație cu cea a lui Newton.

Aceste două moduri de aplicare a mecanicii aparțin așa-numitei fizici „fenomenologice“. Pentru acest fel de fizică este caracteristic că uzează de concepte cît mai apropiate de experiență, dar care, tocmai de aceea, trebuie să renunțe în mare măsură la unitatea fundamentelor. Căldura, electricitatea și lumina sînt descrise prin variabile

de stare speciale şi prin constante speciale ale materiei alături de stările mecanice iar determinarea tuturor acestor variabile în dependenţa lor reciprocă şi temporală a fost o problemă care a putut fi soluţionată în esenţă numai pe căi empirice. Mulţi dintre contemporanii lui Maxwell vedeau în modul acesta de prezentare scopul ultim al fizicii, la care îşi închipuiau că se poate ajunge pe cale pur inductivă prin experienţă, dată fiind relativa proximitate de experienţă a conceptelor utilizate. Din punct de vedere gnoseologic, J. St. Mill şi E. Mach au susţinut oarecum acest punct de vedere[13].

În ce mă priveşte, cred că cea mai mare realizare a mecanicii lui Newton constă în faptul că aplicarea ei consecventă a dus la depăşirea acestui punct de vedere fenomenologic, îndeosebi în studiul fenomenelor termice. Aceasta s-a realizat prin teoria cinetică a gazelor şi, în general, prin mecanica statistică. Prima a legat ecuaţia de stare a gazelor ideale, vîscozitatea, difuziunea şi conductivitatea termică a gazelor şi fenomenelor radiometrice ale gazelor, stabilind o conexiune logică între fenomene care, din punctul de vedere al experienţei nemijlocite, n-aveau nimic comun. Cea din urmă a condus la o interpretare mecanică a ideilor şi legilor termodinamicii, ca şi la descoperirea limitei de aplicabilitate a ideilor şi legilor teoriei clasice a căldurii. Această teorie cinetică nu numai că a depăşit cu mult fizica fenomenologică în privinţa unităţii logice a fundamentelor, dar a produs pe deasupra şi valori determinate pentru mărimile adevărate ale atomilor şi moleculelor, obţinute prin cîteva metode independente, în afara oricărei îndoieli rezonabile. Aceste progrese decisive au fost obţinute cu preţul corelării punctelor materiale cu configuraţii reale (atomi, respectiv molecule) al căror caracter constructiv-speculativ era evident. Nimeni nu putea spera că va putea vreodată „să perceapă direct“ un atom. Legi referitoare la mărimi de stare situate aproape de nivelul observaţiei (cum sînt temperatura, presiunea, viteza) erau deduse din ideile fundamentale prin calcule complicate. În felul acesta fizica (sau cel puţin o parte a ei), construită iniţial într-o manieră mai „fenomenologică“, a fost redusă, prin fundarea ei pe mecanica newtoniană a atomilor şi moleculelor, la o bază şi mai îndepărtată de experienţă, dar avînd un caracter mai uniform.

4. Conceptul de cîmp

Mecanica newtoniană a izbutit mult mai puțin în explicarea fenomenelor optice și electrice decît în domeniile discutate în cele de mai sus. E adevărat că Newton, în teoria sa corpusculară a luminii, a încercat să reducă lumina la mişcarea unor puncte materiale. Ulterior însă, pe măsură ce fenomenele de polarizare, difracție și interferență a luminii au impus teoriei sale modificări din ce în ce mai nefireşti, s-a impus teoria ondulatorie a luminii a lui Huyghens. Naşterea acestei teorii s-a datorat în primul rînd fenomenelor optice ale cristalelor și teoriei sunetului, pe atunci deja elaborată într-o anumită măsură. Este adevărat că şi teoria lui Huyghens s-a bazat la început pe mecanica clasică. Dar ca purtător al mișcărilor ondulatorii a trebuit introdus eterul ce pătrunde toate corpurile și a cărui constituție bazată pe particule materiale nu putea fi explicată prin nici un fenomen cunoscut. Nu s-a putut ajunge niciodată la o imagine clară asupra forțelor interne ce guvernează eterul, nici asupra forțelor ce acționează între eter și materia „ponderabilă". Aşa se face că fundamentele acestei teorii au rămas tot timpul învăluite în beznă. Adevărata bază era o ecuație diferențială parțială a cărei reducere la elemente mecanice a rămas întotdeauna problematică.

Pentru înțelegerea teoretică a fenomenelor electrice şi magnetice au fost introduse din nou mase de un fel deosebit și s-a admis existența între aceste mase a unor forțe cu acțiune la distanță, similare forțelor gravitaționale ale lui Newton. Aceste feluri speciale de materie păreau, însă, lipsite de proprietatea fundamentală a inerției; iar forțele ce acționau între aceste mase și materia ponderabilă rămîneau obscure. Acestor dificultăți li s-a adăugat caracterul polar al respectivelor feluri de materie, ce nu se încadra în schema mecanicii clasice. Baza teoriei a ajuns și mai nesatisfăcătoare atunci cînd au devenit cunoscute fenomenele electrodinamice, cu toate că aceste fenomene îl conduceau pe fizician la explicarea fenomenelor magnetice prin cele electrodinamice, făcînd astfel de prisos ipoteza maselor magnetice. Acest progres s-a realizat cu prețul sporirii complexității forțelor de interacțiune ce trebuiau admise ca existînd între masele electrice în mişcare.

Ieşirea din această situaţie supărătoare graţie teoriei cîmpului electric a lui Faraday şi Maxwell reprezintă probabil cea mai profundă transformare suferită de fundamentele fizicii de la Newton încoace. S-a făcut din nou un pas în direcţia speculaţiei constructive, care a mărit distanţa dintre fundamentul teoriei şi nivelul percepţiei senzoriale. Într-adevăr, existenţa cîmpului se manifestă numai cînd în el sînt introduse corpuri încărcate electric. Ecuaţiile diferenţiale ale lui Maxwell leagă coeficienţii diferenţiali spaţiali şi temporali ai cîmpurilor electric şi magnetic. Masele electrice nu sînt altceva decît locuri în care divergenţa cîmpului electric nu dispare. Undele optice apar ca procese de cîmp ondulatorii electromagnetice ce se desfăşoară în spaţiu.

Maxwell a încercat, ce-i drept, să dea o interpretare mecanică teoriei sale a cîmpului, cu ajutorul unor modele mecanice ale eterului. Aceste încercări au fost însă treptat împinse în umbră în urma reprezentării — purificate de orice adaosuri superflue — a lui Heinrich Hertz, astfel încît în această teorie cîmpul a ocupat în cele din urmă poziţia fundamentală pe care în mecanica newtoniană o deţinuseră punctele materiale. Iniţial însă aceasta se aplică numai pentru cîmpuri electromagnetice în spaţiul vid.

La început teoria a fost total inoperantă pentru interiorul materiei, fiindcă aci trebuiau introduşi doi vectori electrici legaţi prin relaţii dependente de natura mediului şi inaccesibile analizei teoretice. O situaţie analogă s-a ivit în legătură cu cîmpul magnetic, ca şi în relaţia dintre densitatea curentului electric şi cîmp.

H. A. Lorentz a găsit aici o ieşire care a arătat în acelaşi timp calea spre o teorie electrodinamică a corpurilor în mişcare, teorie într-o anumită măsură liberă de supoziţii arbitrare. Teoria sa a fost construită pe următoarea ipoteză fundamentală:

Pretutindeni (inclusiv în interiorul corpurilor ponderabile) sediul cîmpului este spaţiul vid. Participarea materiei la fenomene electromagnetice îşi are originea numai în faptul că particulele elementare de materie poartă sarcini electrice imuabile, fiind de aceea supuse pe de o parte la acţiunile unor forţe ponderomotoare, iar pe de altă parte avînd proprietatea de a genera un cîmp. Particulele elementare ascultă de legea newtoniană a mişcării pentru punctul material.

Această este baza pe care H. A. Lorentz a realizat sinteza sa între mecanica lui Newton și teoria cîmpului a lui Maxwell. Neajunsul acestei teorii ține de faptul că ea încearcă să determine fenomenele combinînd ecuații diferențiale parțiale (ecuațiile maxwelliene ale cîmpului pentru spațiul vid) cu ecuații diferențiale totale (ecuațiile de mișcare a punctelor), procedeu evident nenatural. Partea nesatisfăcătoare a acestei concepții s-a vădit în exterior prin necesitatea admiterii unor dimensiuni finite pentru particule, pentru a împiedica astfel cîmpul electromagnetic existent pe suprafețele lor să devină infinit de mare. În plus, teoria n-a izbutit să ofere nici o explicație asupra naturii uriașelor forțe ce țin sarcinile electrice în particulele individuale. H. A. Lorentz a acceptat aceste slăbiciuni ale teoriei sale, care-i erau bine cunoscute, pentru a putea explica fenomenele corect măcar în liniile lor generale.

Următoarea considerație a permis ieșirea dincolo de cadrele lui Lorentz. În vecinătatea unui corp încărcat electric există un cîmp magnetic ce contribuie (aparent) la inerția lui. N-ar fi oare posibil să se dea o explicație electromagnetică inerției totale a particulelor? Este clar că această problemă nu putea fi soluționată satisfăcător decît dacă particulele puteau fi interpretate drept soluții regulate ale ecuațiilor diferențiale parțiale electromagnetice. Or, ecuațiile lui Maxwell în forma lor originară nu permit o asemenea descriere a particulelor, deoarece soluțiile lor corespunzătoare conțin o singularitate. Fizicienii teoreticieni au încercat de aceea mult timp să atingă scopul menționat printr-o modificare a ecuațiilor lui Maxwell. Aceste încercări însă n-au fost încununate de succes. Așa se face că obiectivul edificării unei teorii a materiei sub forma unei teorii electromagnetice pure a cîmpului n-a putut fi atins pentru moment, deși în principiu nu se putea ridica nici o obiecție împotriva posibilității realizării unui asemenea obiectiv. Ceea ce a descurajat continuarea încercărilor în această direcție a fost lipsa oricărei metode sistematice care să ducă la o soluție. Un lucru mi se pare, însă, sigur: în fundamentele unei teorii consecvente a cîmpului nu este permis să intervină, alături de conceptul de cîmp, conceptul de particulă. Întreaga teorie trebuie bazată numai pe ecuații diferențiale parțiale și pe soluțiile lor fără singularități[14].

5. Teoria relativității

Nu există nici o metodă inductivă pe baza căreia să se obțină conceptele fundamentale ale fizicii. Neînțelegerea acestui fapt a reprezentat eroarea filozofică principală a unui mare număr de cercetători din secolul al XIX-lea. Aceasta a fost probabil cauza pentru care teoria moleculară și teoria lui Maxwell s-au putut impune numai la o dată relativ tîrzie[15]. Gîndirea logică este în mod necesar deductivă; ea se întemeiează pe concepte și axiome ipotetice. Ce ne îndreptățește așteptarea că le-am putea alege pe acestea din urmă în așa fel încît să sperăm în confirmarea consecințelor lor?

Situația cea mai satisfăcătoare se poate întîlni, evident, în acele cazuri în care noile ipoteze fundamentale sînt sugerate de însăși lumea experienței. Ipoteza inexistenței unui perpetuum mobile — ca bază a termodinamicii — este un asemenea exemplu de ipoteză fundamentală sugerată de experiență; tot astfel și principiul inerției al lui Galilei. De același gen sînt și ipotezele fundamentale ale teoriei relativității, teorie care a condus la o extindere nebănuită și la o dezvoltare a teoriei cîmpului și în final la depășirea bazelor mecanicii clasice[16].

Succesele teoriei Maxwell-Lorentz au dat o mare încredere în validitatea ecuațiilor electromagnetismului pentru spațiul vid și, de asemenea, în particular, în ideea că lumina se propagă „în spațiu“ cu o anumită viteză constantă c. Această afirmație asupra constanței vitezei de propagare a luminii este validă în raport cu orice sistem inerțial? Dacă n-ar fi, atunci un anumit sistem inerțial special, mai exact o anumită stare a mișcării (a unui corp de referință) ar fi privilegiată în raport cu toate celelalte. Împotriva acestei idei pledează, totuși toate faptele de experiență mecanice, electromagnetice și optice.

A fost, de aceea, necesar ca validitatea legii constanței vitezei luminii să fie ridicată la rangul de principiu pentru toate sistemele inerțiale. Din aceasta decurgea necesitatea transformării coordonatelor spațiale x_1, x_2, x_3 și a timpului x în cazul trecerii de la un sistem inerțial la altul în confor-

mitate cu „transformarea Lorentz" ce se caracterizează prin invarianta expresiei:

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 - dx_4^2$$

(dacă se alege unitatea pentru timp astfel încît viteza luminii $c = 1$)

Prin aceasta timpul și-a pierdut caracterul lui absolut și a fost inclus printre coordonatele „spațiale" avînd natură algebrică (aproape) similară. Caracterul absolut al timpului şi în special al simultaneității a fost distrus, iar descrierea cvadridimensională a fost introdusă ca singura adecvată.

Pentru a explica echivalența tuturor sistemelor inerţiale în raport cu toate fenomenele naturii este necesar să se postuleze invarianța tuturor sistemelor de ecuații fizice ce exprimă legi generale în raport cu transformarea-Lorentz. Realizarea acestei exigenţe formează conţinutul teoriei speciale a relativității.

Această teorie este compatibilă cu ecuațiile lui Maxwell; dar ea este incompatibilă cu bazele mecanicii clasice. Este adevărat că ecuaţiile de mișcare ale punctului material pot fi modificate (şi o dată cu ele și expresiile momentului și energiei cinetice ale punctului material) într-o asemenea manieră încît să fie satisfăcută teoria; dar conceptul forței de interacțiune şi, o dată cu el, conceptul de energie potențială a unui sistem își pierd temeiul deoarece aceste concepte se bazează pe ideea caracterului absolut al simultaneității. Cîmpul, așa cum este el determinat de ecuațiile diferențiale, ia locul forței.

Întrucît teoria de mai sus permite interacțiunile reciproce numai prin mijlocirea cîmpurilor, ea cere o teorie de cîmp a gravitației. Într-adevăr, nu e dificil să se formuleze o asemenea teorie în care, ca și în teoria lui Newton, cîmpul gravitațional să se poată reduce la un scalar care reprezintă soluția unei ecuații diferențiale cu derivate parțiale. Cu toate acestea, faptele experimentale pe care le exprimă teoria newtoniană a gravitației ne conduc în altă direcție, aceea a teoriei generale a relativității.

Un aspect nesatisfăcător al fundamentelor mecanicii clasice constă în dublul rol în care apare *aceeași* constantă a masei: ca „masă inerțială", în legea de mișcare și ca „masă gravitațională", în legea gravitației. Ca urmare a acestui fapt

accelerația unui corp într-un cîmp gravitațional pur este independentă de natura lui materială; sau, într-un sistem de coordonate în *accelerație uniformă* (accelerat în raport cu un „sistem inerțial") mișcările se desfășoară ca și cînd ar avea loc într-un cîmp gravitațional omogen (în raport cu un sistem de coordonate „în repaus"). Dacă se admite că echivalența acestor două cazuri este completă, atunci se obține o adaptare a gîndirii noastre teoretice la faptul că masa gravitațională și cea inerțială sînt identice.

Cu aceasta cade privilegierea ca principiu fundamental a „sistemelor inerțiale"; va trebui să admitem ca egal îndreptățite și transformările de coordonate *neliniare* (x_1, x_2, x_3, x_4). Dacă facem o asemenea transformare a unui sistem de coordonate al teoriei speciale a relativității, atunci metrica

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 - dx_4^2$$

trece într-o metrică generală (riemanniană a lui Baue)

$$ds^2 = g_{\mu\nu}\ dx_\mu\ dx_\nu \text{ (însumați după } \mu \text{ și } \nu)$$

unde $g_{\mu\nu}$, simetrice în raport cu μ și ν, sînt anumite funcții de $x_1 \ldots x_4$ care descriu atît proprietățile metrice cît și cîmpul gravitațional al spațiului în raport cu noul sistem de coordonate.

Acest progres în interpretarea fundamentelor mecanicii va trebui să fie plătit însă prin aceea că — după cum va deveni evident la o analiză mai atentă — noile coordonate nu mai pot fi interpretate nemijlocit, ca rezultate ale unor măsurători cu corpuri rigide și ceasornice, cum se putea face în sistemul original (un sistem inerțial cu cîmp gravitațional care se anulează).

Trecerea la teoria generală a relativității se înfăptuiește prin supoziția că o asemenea reprezentare a proprietăților (adică printr-o metrică riemanniană) se justifică de asemenea și în cazul *general* în care nu există un sistem de coordonate în raport cu care metrica să ia forma cvasieuclidiană simplă a teoriei speciale a relativității.

Acum coordonatele, în sine, nu mai exprimă relații metrice, ci doar „vecinătăți" ale lucrurilor descrise, ale căror coordonate diferă puțin una de alta. Toate transformările de coordonate trebuie admise atîta timp cît aceste transformări nu au singularități. Numai acele ecuații pot să fie admise ca expresii ale legilor generale ale naturii care sînt

covariante în raport cu transformări arbitrare în acest sens (postulatul covarianței generale).

Primul obiectiv al teoriei generale a relativității a fost stabilirea unei formulări preliminare care, în condițiile renunțării la anumite exigențe ale închiderii interne, poate fi corelată în cea mai simplă manieră posibilă cu „faptele percepute direct". Teoria newtoniană a gravitației oferea un exemplu prin restrîngerea sa la mecanica pură a gravitației. Această formulare preliminară poate fi caracterizată prin următoarele:

(1) Conceptul de punct material și al masei lui sînt menținute. Legea de mișcare pentru el reprezintă traducerea legii inerției în limbajul teoriei generale a relativității. Această lege este un sistem de ecuații diferențiale totale ce caracterizează o linie geodezică.

(2) În locul legii newtoniene a interacțiunii gravitaționale se găsește sistemul celor mai simple ecuații diferențiale general covariante pe care le putem stabili pentru tensorul $g_{\mu\nu}$. El ia naștere făcînd egal cu zero tensorul de curbură riemannian contractat ($R_{\mu\nu} = 0$).

Această formulare ne permite să tratăm problema planetelor. Mai exact spus, ea permite examinarea problemei mișcării punctelor materiale de masă practic neglijabilă într-un cîmp gravitațional (central simetric) produs de un punct material presupus „în repaus". Ea nu ia în considerare reacția punctelor materiale „în mișcare" asupra cîmpului gravitațional, nici nu consideră modul în care masa centrală produce acest cîmp gravitațional.

Analogia cu mecanica clasică ne arată că teoria poate fi completată pe calea următoare. Se ia ca ecuație de cîmp:

$$R_{ik} - 1/2\ g_{ik}R = -T_{ik}$$

unde R reprezintă scalarul curburii riemanniene, T_{ik} tensorul — energie al materiei într-o reprezentare fenomenologică, Partea stîngă a ecuației este aleasă astfel încît divergența ei este simultan egală cu zero. Rezultatul obținut prin această anulare a divergenței membrului drept ne dă „ecuațiile de mișcare" ale materiei sub forma ecuațiilor diferențiale cu derivate parțiale pentru cazul în care T_{ik} introduce, pentru descrierea materiei, numai *patru* alte funcții reciproc independente (de exemplu, densitatea, presiunea și componentele vitezei, unde între ultimele are loc o identitate, iar între presiune și densitate o ecuație de condiție).

Prin această formulare se reduce întreaga mecanică a gravitației la soluționarea unui singur sistem de ecuații diferențiale parțiale covariante. Teoria înlătură toate dificultățile interne de care era afectată baza mecanicii clasice. Ea este suficientă — după cîte știm — pentru reprezentarea faptelor observate ale mecanicii cerești. Dar ea se aseamănă unei clădiri care are o aripă din marmură fină (partea stîngă a ecuației), pe cînd o altă aripă este făcută din lemn lipsit de valoare (partea dreaptă a ecuației). Reprezentarea fenomenologică a materiei nu este decît un substitut imperfect pentru o reprezentare care ar corespunde tuturor proprietăților cunoscute ale materiei.

Nu este greu să se unifice teoria cîmpului electromagnetic a lui Maxwell cu teoria cîmpului gravitațional, atîta vreme cît ne restrîngem la spațiul fără materie ponderabilă și fără densitate electrică. Tot ceea ce este necesar să se facă este să se ia în al doilea membru al ecuației de mai sus pentru T_{ik}, tensorul energiei pentru cîmpul electromagnetic în spațiul vid, și să se asocieze cu sistemul ecuațiilor astfel modificate ecuația de cîmp a lui Maxwell pentru spațiul vid, scrisă în forma generală covariantă. În aceste condiții va exista între toate aceste ecuații un număr suficient de identități diferențiale pentru a garanta compatibilitatea sistemului. Putem adăuga că această proprietate formală necesară a sistemului total de ecuații lasă deschisă alegerea semnului membrului T_{ik}, fapt ce s-a dovedit ulterior a fi important.

Năzuința spre cea mai înaltă unitate posibilă a fundamentelor unei teorii a determinat cîteva încercări de a include cîmpul gravitațional și cîmpul electromagnetic într-o singură imagine formală omogenă. În acest sens trebuie să menționăm în special teoria cu 5 dimensiuni a lui Kaluza și Klein. După ce am examinat cu mare atenție această posibilitate, cred că este mai potrivit să se accepte lipsa de uniformitate internă a teoriei originale, deoarece nu consider că totalitatea ipotezelor de bază ale teoriei cu 5 dimensiuni conține mai puține elemente arbitrare decît conține teoria originală. Aceeași afirmație se poate face și despre varianta degenerată proiectivă a teoriei, care a fost elaborată atent în special de van Dantzig și Pauli.

Considerațiile de mai sus se referă exclusiv la teoria cîmpului fără materie. Cum trebuie să procedăm mai departe pentru a obține o teorie completă a materiei constituite

din atomi? Într-o asemenea teorie trebuie, în orice caz, să fie excluse singularitățile, deoarece altminteri ecuațiile diferențiale n-ar determina complet cîmpul total. Aici, în teoria de cîmp a relativității generale, întîlnim aceeași problemă a reprezentării teoretice de cîmp a materiei, așa cum au apărut originar numai pentru teoria lui Maxwell.

Și aici încercarea de a construi particulele pornind de la teoria cîmpului conduce, evident, la singularități. Și aici a fost făcută încercarea de a se depăși acest inconvenient prin introducerea unor noi variabile de cîmp și prin complicarea și extinderea sistemului ecuațiilor cîmpului. Recent, am descoperit, totuși, în colaborare cu dr. Nathan Rosen, că cea mai simplă combinație între ecuațiile de cîmp ale gravitației și electricității menționată mai sus produce soluții central-simetrice pe care le putem considera fără singularități (binecunoscutele soluții central-simetrice ale lui Schwartzschild pentru cîmpul gravitațional pur și cele ale lui Reissner pentru cîmpul electric luînd în considerare acțiunea sa gravitațională). Mă voi referi pe scurt la acestea în paragraful 6. În felul acesta pare posibil să se obțină pentru materie și interacțiunile ei o teorie pură a cîmpului fără ipoteze adiționale, teorie ce poate fi supusă controlului experimental fără să producă alte dificultăți decît cele de ordin pur matematic, e adevărat foarte serioase.

6. Teoria cuantică și fundamentele fizicii

Fizicienii teoreticieni ai generației noastre speră în edificarea unei noi baze teoretice pentru fizică în care se vor utiliza concepte fundamentale, mult diferite de cele ale teoriei cîmpului la care ne-am referit pînă acum. Aceasta datorită faptului că s-a dovedit necesar — pentru reprezentarea matematică a așa-ziselor fenomene cuantice — să se folosească abordări de un tip nou.

În timp ce eșecul mecanicii clasice, așa cum a fost acesta relevat de teoria relativității, este legat de viteza finită a luminii (excluderea vitezei infinite), la începutul secolului nostru s-a descoperit existența unui alt gen de dezacord între consecințele deductive ale mecanicii și faptele experimentale, corelat cu mărimea finită (excluderea valorii zero) a constantei *h* a lui Planck, și anume că, în timp ce mecanica mole-

culară cere ca atît căldura cît și densitatea radiației (monocromatice) ale corpurilor solide să descrească *proporțional* cu descreșterea temperaturii absolute, experiența a arătat că ele descresc mult mai rapid o dată cu descreșterea temperaturii. Pentru a explica teoretic acest comportament a fost necesar să se admită că energia unui sistem mecanic nu poate lua orice valoare, ci anumite valori discrete ale căror expresii matematice depindeau mereu de constanta h a lui Planck. Această concepție s-a dovedit esențială și pentru teoria atomului (teoria lui Bohr). Pentru tranziția atomilor dintr-o stare în alta — cu sau fără emisie sau absorbție de radiație — nu se pot da legi cauzale, ci numai unele statistice; o concluzie similară e validă pentru dezintegrarea radioactivă a atomilor, care fusese atent studiată în aceeași perioadă. Mai mult de două decenii fizicienii au încercat fără succes să găsească o intepretare unitară a acestei „mecanici cuantice" a sistemelor și fenomenelor. O asemenea încercare a reușit însă cu vreo zece ani în urmă, prin două metode teoretice aparent complet diferite. Una dintre acestea o datorăm lui Heisenberg și Dirac, iar pe cealaltă lui de Broglie și Schrödinger. Echivalența matematică a acestor două metode a fost repede recunoscută de către Schrödinger. Voi încerca să schițez aici linia de gîndire a lui de Broglie și Schrödinger, care e mai apropiată de modul de gîndire al fizicianului, și voi însoți această descriere de anumite considerații mai generale.

Mai întîi problema se pune astfel: cum se poate atribui o succesiune discretă de valori ale energiei H_0 unui sistem determinat în sensul mecanicii clasice (energia este o funcție dată de coordonatele q_r și impulsurile corespunzătoare p_r) ? Constanta h a lui Planck corelează valorile frecvenței $1/h\, H_0$ cu valorile energiei H_0. Este ca urmare suficient, să se dea unui sistem o serie discretă de valori, ale *frecvenței*. Aceasta ne amintește de faptul că în acustică o serie de valori discrete de frecvență corespund unei ecuații diferențiale parțiale liniare (dacă se cunosc condițiile la limită) și anume soluții sinusoidale periodice. Schrödinger și-a pus problema de a pune în corespondență cu funcția de energie dată $\varepsilon(q_r,p_r)$, o ecuație diferențială parțială pentru o funcție scalară ψ unde q_r și timpul t sînt variabile independente. El a reușit să facă aceasta (pentru o funcție complexă) ψ astfel încît valorile teoretice ale energiei H_0,

aşa cum erau cerute de teoria statistică, să reprezinte efectiv într-o manieră satisfăcătoare soluţiile periodice ale ecuaţiei.

Se înţelege, n-a fost posibil să se asocieze unei soluţii determinate ψ (q_r, t) a ecuaţiei lui Schrödinger o mişcare determinată în sensul mecanicii punctelor materiale. Aceasta înseamnă că funcţiei ψ nu-i corespunde, în orice caz ei nu-i corespunde *exact*, o reprezentare a lui q_r ca funcţie de timp t. Totuşi, urmîndu-l pe Born, semnificaţia fizică a funcţiei ψ poate fi interpretată astfel: ψ (pătratul valorii absolute a unei funcţii complexe ψ) reprezintă densitatea de probabilităţi în punctul considerat în spaţiul configuraţiilor al lui q_r la timpul t. Inductiv, dar oarecum imprecis se poate caracteriza conţinutul ecuaţiei lui Schrödinger în modul următor: ea determină felul în care se modifică în timp densitatea de probabilităţi a unui ansamblu statistic de sisteme în spaţiul configuraţiilor. Pe scurt: ecuaţia lui Schrödinger determină modificarea funcţiei q_r în timp.

Trebuie să amintim că rezultatele acestei teorii conţin drept cazuri limită rezultatele mecanicii particulelor dacă lungimea de undă cu care ne întîlnim în rezolvarea problemei lui Schrödinger este peste tot suficient de mică, încît energia potenţială variază cu o mărime practic infinit mică pentru o schimbare a unei lungimi de undă în spaţiul configuraţiilor. În aceste condiţii se pot demonstra următoarele. Alegem o regiune G_0 în spaţiul configuraţiilor care, deşi este mare (în orice direcţie) în raport cu lungimea de undă este mică în raport cu dimensiunile practice ale spaţiului configuraţiilor. În aceste condiţii este posibil să se aleagă o funcţie ψ pentru momentul iniţial t_0, astfel încît ea se anulează în afara regiunii G_0, şi se comportă, conform ecuaţiei lui Schrödinger, de aşa manieră încît ea îşi menţine această proprietate — cel puţin aproximativ — de asemenea şi pentru un moment ulterior al timpului, dar pentru o regiune G_0 care a trecut la timpul t într-o altă regiune G. În acest fel se poate vorbi, cu un anumit grad de aproximaţie, de „mişcarea“ regiunii G ca întreg şi se poate aproxima această mişcare prin mişcarea unui punct în spaţiul configuraţiilor. Această mişcare va coincide atunci cu mişcarea cerută de ecuaţiile mecanicii clasice.

Experimentele de interferenţă cu raze corpusculare au adus o confirmare strălucită a faptului că natura ondulatorie a fenomenelor de mişcare, aşa cum apare ea în teorie, co-

respunde realmente cu faptele. În plus, teoria a reușit să reprezinte cu ușurință legile statistice ale tranziției unui sistem de la o condiție cuantică la alta sub acțiunea forțelor externe, ceea ce, din punctul de vedere al mecanicii clasice, apărea ca un miracol. Forțele exterioare erau reprezentate aici prin mici adaosuri, dependente de timp, la energia potențială. În timp ce în mecanica clasică asemenea adaosuri pot produce doar schimbări corespunzător de mici ale stării sistemului, în mecanica cuantică ele produc schimbări oricît de mari, dar cu probabilitatea corespunzător de mică, o consecință în perfectă armonie cu experiența.

Teoria a oferit chiar și o înțelegere a legilor dezintegrării radioactive, cel puțin în linii esențiale.

Niciodată pînă acum nu a fost elaborată o teorie care să ofere cheia interpretării și calculării unui grup atît de eterogen de fenomene de experiență cum a făcut mecanica cuantică. Totuși, în ciuda acestui fapt, cred că teoria poate să ne poarte pe căi eronate, în căutarea unor fundamente unitare, pentru fizică, deoarece în opinia mea, ea este o reprezentare *incompletă* a lucrurilor reale [17], deși este singura ce poate fi construită pe baza conceptelor fundamentale de forță și punct material (corectura cuantică a mecanicii clasice). Incompletitudinea reprezentării este un rezultat al naturii statistice (incompletitudinea) a legilor. Voi încerca să justific această opinie.

La început, vom întreba: în ce măsură funcția ψ descrie starea reală a unui sistem mecanic ? Să admitem că ψ_r reprezintă soluții periodice (luate în ordinea creșterii valorilor energiei) ale ecuației lui Schrödinger. Vom lăsa deschisă, pentru moment, problema în ce măsură ψ_r luate individual sînt descrieri *complete* ale stărilor fizice. La început sistemul se află în starea ψ_r cu cea mai mică energie ε_1. Apoi, după un interval finit de timp, o forță perturbatoare mică acționează asupra sistemului. La un moment ulterior se obține deci din ecuația lui Schrödinger o funcție de forma

$$\psi = \Sigma C_r \psi_r$$

unde C_r sînt constante (complexe). Dacă sînt „normalizate", atunci $|C_1|$ este aproape egal cu 1, $|C_2|$ etc. sînt mici în comparație cu 1; acum ne putem întreba: descrie ψ o stare reală a sistemului ? Dacă răspunsul este da, atunci singurul lucru

care ne mai rămîne este să-i atribuim * o asemenea energie determinată de ε și în particular, o asemenea energie ce depășește ε_1 cu puțin (în orice caz $\varepsilon_1 < \varepsilon < \varepsilon_2$). O asemenea supoziție este însă în contradicție cu experiențele realizate mai întîi de J. Franck și G. Hertz asupra ciocnirii electronilor, dacă vom accepta în plus demonstrația lui Millikan asupra naturii discrete a electricității. De fapt, aceste experimente duc la concluzia că nu există stări ale energiei unui sistem care să se afle între valorile cuantice. Din aceasta decurge faptul că funcția noastră ψ nu descrie în nici un caz o stare unitară a corpului, ci constituie mai degrabă o descriere statistică în care C_r reprezintă probabilități ale valorilor individuale ale energiei. Pare clar deci că interpretarea statistică a teoriei cuantice a lui Born este singura posibilă. Funcția ψ nu descrie o stare care ar putea fi aceea a unui singur sistem; ea se raportează mai degrabă la mai multe sisteme, la un „ansamblu de sisteme", în sensul mecanicii statistice. Dacă, exceptînd anumite cazuri speciale, funcția furnizează doar date *statistice* privind mărimi observabile, cauza se află nu doar în aceea că *operația de măsurare* introduce elemente necunoscute, care pot fi înțelese doar statistic, ci și în însuși faptul că funcția ψ nu descrie, în nici un sens, starea unui *singur* sistem. Ecuația lui Schrödinger determină modificările în timp pe care le suferă ansambluri de sisteme, variații ce pot exista indiferent de acțiunea exterioară asupra unui sistem singular [18].

O asemenea interpretare elimină de asemenea paradoxul formulat recent de mine împreună cu doi colaboratori, care se referă la următorul caz:

Să considerăm un sistem mecanic alcătuit de două sisteme parțiale A și B care au interacționat reciproc numai într-un interval de timp limitat. Fie dată funcția ψ înainte de interacțiunea lor. Atunci ecuația lui Schrödinger va furniza funcția ψ după ce interacțiunea a avut loc. Să determinăm acum prin măsurători complete starea fizică a sistemului parțial A. Atunci mecanica cuantică ne permite să determinăm funcția ψ a sistemului parțial B din aceste măsurători și din funcția ψ a sistemului total. Această determinare va oferi, însă, un

* Deoarece, conform unei consecințe bine fundate a teoriei relativității, energia unui sistem complet (în repaus) este egală cu inerția lui (ca întreg). Iar aceasta, desigur, trebuie să posede o anumită valoare bine determinată.

rezultat ce va depinde de *care* anume dintre mărimile determinate ce specifică starea sistemului A a fost măsurată (de exemplu, *coordonatele* sau *impulsul*). Dar întrucît nu poate exista decît o *singură* stare fizică a lui B după interacțiunea cu A, stare care în mod rațional nu poate fi considerată dependentă de măsurătorile speciale pe care le efectuăm asupra sistemului A, separat de B, vom putea trage concluzia că funcția ψ *nu* corespunde fără echivoc stării fizice. Corespondența unui număr mai mare de funcții ψ cu aceeași stare fizică a sistemului B, ne arată din nou că funcția ψ nu poate fi interpretată ca o descriere (completă) a unei stări fizice a unui singur sistem. Și aici, punerea în corespondență a funcției ψ cu un ansamblu de sisteme elimină orice dificultate*.

Faptul că mecanica cuantică permite, într-o manieră atît de simplă, concluzii referitoare la tranziții (aparent) discontinue de la o stare fizică la alta fără a ne oferi realmente o reprezentare a poceselor specifice, este corelat cu un altul, și anume faptul că teoria nu operează în realitate cu sisteme singulare, ci cu ansambluri de sisteme. Coeficienții C_r din primul nostru exemplu sînt efectiv modificați foarte puțin prin acțiunea unei forțe exterioare. O asemenea interpretare a mecanicii cuantice ne permite să înțelegem de ce această teorie explică ușor capacitatea unor forțe perturbatoare mici de a provoca modificări oricît de mari ale stării fizice a sistemului. Asemenea forțe perturbatoare produc, într-adevăr, doar alterări corespunzătoare mici ale *densității statistice* în ansambluri de sisteme, și deci numai modificări infinit mici ale ψ funcțiilor, ale căror descrieri matematice prezintă dificultăți mult mai mici decît cele pe care le-ar implica reprezentarea matematică a modificărilor finite produse asupra unor părți ale sistemelor singulare. Fenomenul ce se întîmplă în sistemul singular rămîne, e drept, complet neclarificat prin acest mod de a considera lucrurile; el este eliminat complet din reprezentare de modalitatea statistică de abordare.

Dar acum vom întreba: Există realmente vreun fizician care să creadă că noi nu vom obține niciodată o cunoaștere

* Operația de măsurare a lui A, de exemplu, conține în sine deja o tranziție la un ansamblu mai limitat de sisteme. Ultimul (și deci și funcția sa ψ) depinde de punctul de vedere conform căruia se face această limitare a ansamblului de sisteme.

asupra acestor modificări importante ale sistemelor singulare, asupra structurii lor și a conexiunilor lor cauzale, și aceasta independent de faptul că aceste procese individuale ne-au fost aduse atît de aproape grație minunatelor invenții ale camerei cu bule Wilson și contorului Geiger? A crede aceasta este o posibilitate logic necontradictorie; dar ea se opune cu atîta putere instinctului meu științific, încît nu pot să renunț la căutarea unei concepții mai cuprinzătoare [19].

Acestor considerații am dori să le adăugăm unele de alt gen care se ridică de asemenea împotriva ideii că metodele introduse de mecanica cuantică ar fi apte de a oferi o bază utilă pentru întreaga fizică. În ecuația lui Schrödinger, timpul absolut, respectiv energia potențială joacă un rol decisiv, deși aceste două concepte au fost recunoscute de teoria relativității ca inadmisibile în principiu. Dacă dorim să scăpăm de această dificultate ar trebui să întemeiem teoria pe noțiunea de cîmp și pe legi ale cîmpului, în locul forțelor de interacțiune. Aceasta ne conduce la transpunerea metodelor statistice ale mecanicii cuantice la cîmpuri, cu alte cuvinte la sisteme cu un număr infinit de grade de libertate. Deși încercările făcute pînă acum se limitează la ecuații liniare, care, așa cum știm din teoria generală a relativității, sînt insuficiente, complicațiile apărute pînă acum în cadrul celor mai ingenioase încercări sînt de-a dreptul îngrozitoare. Ele ar deveni uriașe în cazul în care s-ar dori să se satisfacă exigențele teoriei generale a relativității, asupra justeței principiale a acestora neîndoindu-se nimeni.

Trebuie să observăm, în fine, că introducerea continuului spațiu-timp poate fi considerată nefirească, dată fiind structura moleculară a oricărui proces ce se desfășoară la scară mică. Se susține că succesul metodei lui Heisenberg justifică poate o metodă algebrică pură de descriere a naturii, cu alte cuvinte eliminarea funcțiilor continue din fizică. Dar atunci va trebui să renunțăm, în principiu, la folosirea continuului spațiu-timp. Nu este de neimaginat că ingeniozitatea umană va găsi cîndva metode ce ne vor da posibilitatea să mergem pe această cale. În momentul actual un asemenea program ne pare totuși asemănător cu o încercare de a respira într-un spațiu vid.

Nu este nici o îndoială că în mecanica cuantică se găsește un important element de adevăr și că ea va reprezenta o piatră de încercare pentru orice fundament teoretic viitor,

deoarece ea va trebui dedusă ca un caz particular din acest fundament, la fel cum se deduce electrostatica din ecuațiile lui Maxwell pentru cîmpul electromagnetic sau termodinamica din mecanica clasică. Cu toate acestea nu cred că mecanica cuantică va reprezenta *punctul de plecare* în căutarea acestui fundament, la fel cum, viceversa, nu se poate merge de la termodinamică (respectiv, mecanica statistică) la fundamentele mecanicii [20].

Dată fiind această situație, pare a fi complet îndreptățită considerarea serioasă a problemei în ce măsură fundamentele fizicii cîmpului ar putea fi puse de acord cu faptele teoriei cuantice. Aceasta reprezintă singura bază care, în stadiul actual al mijloacelor noastre de expresie matematică, poate fi adaptată la postulatul teoriei generale a relativității; convingerea, dominantă printre fizicienii actuali, că o asemenea încercare este sortită eșecului și-ar putea avea rădăcinile în ideea nejustificată că o asemenea teorie va duce, într-o primă aproximație, la ecuațiile mecanicii clasice pentru mișcarea particulelor sau cel puțin la ecuațiile diferențiale totale. De fapt pînă acum n-am reușit niciodată să reprezentăm teoretic particule prin cîmpuri fără singularități și nu putem să spunem nimic *a priori* cu privire la comportarea unor asemenea entități. *Un lucru* este, totuși, cert; dacă o teorie a cîmpului va duce la reprezentarea particulelor fără singularități, atunci comportarea acestor particule în timp este determinată exclusiv de ecuațiile diferențiale ale cîmpului.

7. Teoria relativității și particulele

Aș dori acum să demonstrez că, în conformitate cu teoria generală a relativității, există soluții fără singularități ale ecuațiilor de cîmp ce pot fi interpretate ca reprezentări ale particulelor [21]. Mă voi limita aici la particulele neutre deoarece într-o altă lucrare recent publicată împreună cu dr. Nathan Rosen am analizat această problemă într-o manieră mai detaliată și deoarece în acest caz special putem evidenția în mod complet ceea ce este esențial în problemă.

Cîmpul gravitațional este în întregime descris de tensorul $g_{\mu\nu}$. În simbolul triplu indexat $\Gamma_{\mu\nu}^{\sigma}$, apar de asemenea și contravariante $g^{\mu\nu}$ care sînt definiți ca minorii lui $g_{\mu\nu}$ divi-

zați prin determinantul $g(=|g_{\alpha\beta}|)$. Pentru ca elementele lui R_{ik} să fie definite și finite nu este suficient numai să existe, pentru vecinătate oricărui punct al continuului, un sistem de coordonate în care $g_{\mu\nu}$ și derivatele lor de ordinul întîi să fie continue și diferențiabile, dar este de asemenea necesar ca determinantul g să nu se anuleze nicăieri. Această ultimă restricție poate fi eliminată dacă se înlocuiesc ecuațiile diferențiale $R_{ik} = 0$, prin $g^2R_{ik} = 0$, partea din stînga fiind alcătuită din funcții raționale *întregi* ale lui g_{ik} și ale derivatelor lor.

Aceste ecuații au soluțiile central simetrice indicate de Schwartzschild.

$$ds^2 = -\frac{1}{1 - 2m/r}dr^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) + \left(1 - \frac{2m}{r}\right)dt^2.$$

Această soluție are o singularitate pentru $r = 2m$, deoarece coeficienții lui dr^2 (adică g_{11}) devin infiniți pe această hipersuprafață. Dacă, totuși, vom înlocui variabila r prin p definită prin ecuația

$$p^2 = r - 2m$$

obținem

$$ds^2 = -4(2m + p^2)dp^2 - (2m + p^2)^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2) + \frac{p^2}{2m + p^2}dt^2.$$

Această soluție se comportă regulat pentru toate valorile lui p. Anularea coeficienților lui dt^2, adică (g_{44}) pentru $p = 0$ rezultă, e adevărat, datorită faptului că determinantul g se anulează pentru această valoare; ceea ce însă pentru metodele de scriere a ecuațiilor de cîmp actualmente adoptate nu constituie o singularitate.

Dacă p se extinde de la $-\infty$ la $+\infty$, atunci r se extinde de la $+\infty$ la $r = 2m$ și după aceea înapoi la $+\infty$, pe cînd pentru asemenea valori ale lui r corespunzînd lui $r < 2m$ nu există valori reale corespunzătoare pentru p. De aici, decurge că soluția Schwartzschild devine o soluție regulată dacă ne reprezentăm spațiul fizic constînd din două „pături" identice care se învecinează pe hipersuprafața $p = 0$, adică $r = 2m$, în timp ce determinantul g pentru această hipersuprafață devine nul. Vom numi o asemenea conexiune între două pături (identice) un „pod". Ca urmare, existența unui

asemenea „pod“ între cele două pături în domeniul finit corespunde existenței unei particule materiale neutre care e descrisă fără singularități.

Rezolvarea problemei mișcării particulelor neutre conduce în mod evident la descoperirea unor asemenea soluții ale ecuațiilor gravitaționale (scrise fără numitori), care conțin cîteva poduri.

Concepția schițată mai sus corespunde *a priori* structurii atomice a materiei în măsura în care „podul“ este prin natura sa un element discret. Mai mult, constanta de masă *m* a particulelor neutre trebuie să fie în mod necesar pozitivă, deoarece nici o soluție fără singularități nu poate să corespundă soluției Schwartzschild pentru o valoare negativă a lui m. Numai cercetarea problemei mai multor poduri ne poate arăta dacă această metodă teoretică oferă o explicație a egalității probate empiric a maselor particulelor găsite în natură, și dacă ea poate explica faptele pe care mecanica cuantică le-a interpretat minunat.

Într-o manieră analogă este posibil să se demonstreze că ecuațiile combinate ale gravitației și electricității (cu alegerea corespunzătoare a semnului membrului electric în ecuațiile gravitației) produc o reprezentare — pod fără singularități a unei particule electrice. Cea mai simplă soluție de acest gen este aceea pentru o particulă electrică fără masă gravitațională.

Atîta vreme cît dificultățile matematice importante legate de rezolvarea problemei „mai multor poduri“ nu sînt depășite nu putem spune nimic cu privire la utilitatea teoriei din punct de vedere fizic. Cu toate acestea, ea reprezintă prima tentativă de elaborare consecventă a unei teorii de cîmp care oferă posibilitatea explicării proprietăților materiei. În favoarea acestei încercări trebuie să adăugăm, de asemenea, că ea se întemeiază pe cele mai simple ecuații relativiste de cîmp cunoscute azi.

8. Rezumat

Fizica reprezintă un sistem logic de idei aflat în stare de evoluție, a cărui bază nu se poate obține distilînd-o prin vreo metodă inductivă din datele experienței, ci numai prin

invenție liberă. Justificarea (conținutul de adevăr) sistemului se întemeiază pe confirmarea de către datele experienței a utilității teoremelor deduse; relația dintre ultimele și primele poate fi înțeleasă numai intuitiv. Evoluția sistemului se desfășoară în direcția creșterii simplicității bazei logice. Pentru a ne apropia de acest țel trebuie să ne împăcăm cu faptul că fundamentele logice se îndepărtează tot mai mult de faptele experienței și că drumul gîndirii noastre de la fundamente la teoremele rezultate corelate cu experiența devine tot mai lung și greu [22].

Scopul nostru a fost acela de a schița cît mai concis evoluția conceptelor fundamentale, evoluție dependentă de faptele experienței și de tendința spre atingerea perfecțiunii interne a sistemului. Mi se pare că starea actuală a lucrurilor va fi clarificată cu ajutorul acestor considerații. (În mod inevitabil această reprezentare istorică schematică a avut o anumită coloratură personală) [23].

M-am străduit să arăt cum sînt corelate reciproc și cu natura experienței conceptele de obiect corporal, spațiu, timpul subiectiv și obiectiv. În mecanica clasică conceptele de spațiu și timp sînt independente unul de altul. Conceptul de obiect corporal este înlocuit în fundamente de conceptul de punct material, prin care mecanica a devenit esențial atomistă. Lumina și electricitatea au produs dificultăți insurmontabile atunci cînd s-a încercat să se facă din mecanică fundamentul întregii fizici. Aceasta a condus la teoria de cîmp a electricității și, ulterior, la încercarea de a întemeia fizica în întregime pe conceptul de cîmp (după o încercare de compromis cu mecanica clasică). Această încercare a dus la teoria relativității (transformarea noțiunilor de spațiu și timp în noțiunea unui continuu cu o structură metrică).

Am încercat mai departe să arăt de ce, în opinia mea, teoria cuantică nu pare a fi capabilă să ofere un fundament util pentru fizică: încercarea de a considera teoria cuantică drept o descriere completă a sistemelor sau proceselor fizice individuale conduce în mod inevitabil la contradicții.

Pe de altă parte, în momentul de față teoria cîmpului nu este în stare să ofere o explicație a structurii moleculare a materiei și a fenomenelor cuantice. Convingerea că teoria cîmpului n-ar fi capabilă să ofere, cu metodele ei, o soluție acestor probleme se dovedește a fi bazată pe o prejudecată.

NOTE

1. Einstein își previne cititorul că reflecțiile fizicianului teoretician asupra cunoașterii științifice și asupra cunoașterii omenești în genere nu sînt făcute pur și simplu de dragul filozofiei. Dimpotrivă, considerațiile filozofice de acest fel urmăresc să creeze cadrul necesar pentru o examinare critică a fundamentelor teoretice ale disciplinei. Ele sînt inspirate, așadar, de o intenție mai „practică".

2. Einstein a afirmat nu o dată că natura conceptelor și raportul lor cu impresiile senzoriale sînt în esență aceleași în gîndirea științifică și în gîndirea comună. Orice încercare de clarificare a naturii cunoașterii științifice trebuie să pornească, prin urmare, de la examinarea cunoașterii comune.

3. Einstein face aici două considerații asupra relației dintre noțiuni și impresiile senzoriale, considerații pe care le va relua și în alte scrieri. În primul rînd, se afirmă că relația dintre noțiuni și impresii senzoriale corespunzătoare nu este una *logică*; noțiunile nu sînt derivate din impresiile senzoriale printr-un proces logic oarecare, cum ar fi abstractizarea și generalizarea. În al doilea rînd, se susține că noțiunile despre obiecte corporale, despre însușiri, și relații ale acestor obiecte, devin lipsite de semnificație de îndată ce nu pot fi puse într-o relație de corespondență cu anumite impresii senzoriale. Vezi în această privință și *Fundamentele fizicii teoretice*, *Observații asupra teoriei cunoașterii a lui Bertrand Russell* și *Note autobiografice*.

4. În opoziție cu realismul gîndirii comune, Einstein subliniază că „obiectele corporale" nu ne sînt date ca atare, ci sînt „postulate" de gîndire. Nu există probe directe, ci doar indirecte în favoarea existenței obiectelor corporale independent de experiența noastră. Prin postularea obiectelor corporale, ca realități obiective, putem să explicăm capacitatea noțiunilor de a coordona și anticipa în mod sistematic impresiile senzoriale. Este cea mai simplă și mai naturală explicație, dacă nu cumva ne resemnăm să renunțăm la explicația funcției ordonatoare eminente a noțiunilor comune și științifice. Einstein nu formulează clar această idee. El evită să o facă probabil deoarece simte că o asemenea presupunere este, pe de o parte, firească, naturală iar, pe de altă parte, incontrolabilă și în acest sens „metafizică".

5. În contextul considerațiilor sumare de mai sus, această sentință atît de mult invocată a lui Einstein ne apare ca enigmatică. Sensul ei ni se dezvăluie atunci cînd Einstein asociază „inteligibilitatea" sau „raționalitatea" universului cu ideea că structurile sale de adîncime sînt simple. Tocmai aceasta explică succesul uimitor al activităților ordonatoare pe care le realizează gîndirea comună și apoi știința prin postularea unor noțiuni și principii de un nivel tot mai înalt de generalitate. „Găsiți curios — îi scria Einstein lui Solovine — că eu consider posibilitatea de a înțelege lumea ca un miracol sau ca un mister etern. Ei bine, *a priori* ne putem aștepta la o lume haotică care nu poate fi surprinsă în nici un fel de gîndire. Am putea să ne așteptăm ca lumea să fie supusă legii numai în măsura în care intervenim noi cu inteligența noastră ordonatoare . . . Felul de ordine creat de teoria generală a relativității este, dimpotrivă, de cu totul altă natură. Chiar dacă axiomele teoriei sînt formulate de oameni, succesul unei asemenea întreprinderi pre-

supune un înalt grad de ordine a lumii obiective, pe care nu am fi autorizați cîtuși de puțin să o așteptăm în mod *a priori*. Acesta este «miracolul» ce se întărește tot mai mult o dată cu dezvoltarea cunoștințelor noastre." (A. Einstein, *Lettres á M. Solovine*, p. 115.)

6. Considerațiile de mai sus au constituit punctul de plecare pentru elaborarea unei problematici care a devenit consacrată în filozofia analitică a științei de la mijlocul secolului, îndeosebi datorită lucrărilor lui R. Carnap. Este vorba de problematica raporturilor dintre *conceptele de observație* și *conceptele teoretice*. Logicienii științei s-au concentrat îndeosebi asupra analizei așa-numitelor *reguli de corespondență* ce stabilesc corelații între aceste două tipuri de concepții. Vezi în această privință articolul clasic al lui Carnap, *The Methodological Character of Theoretical Concepts*, în (eds.) H. Feigl, M. Scriven, *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. I, 1956.

7. Aceasta este o formulare deosebit de limpede a principiului simplității logice, un principiu care este pentru Einstein o exigență fundamentală în construcția reprezentării conceptuale a unui domeniu al experienței. Cunoașterea științifică se impune în raport cu gîndirea comună tocmai fiindcă realizează o unificare incomparabil mai mare a experiențelor disparate. Einstein vede progresul teoriilor în dezvoltarea istorică a cunoașterii fizice tocmai în satisfacerea într-o măsură tot mai mare a acestei cerințe.

8. Einstein califică punctul de vedere că structurile fundamentale ale universului sînt simple, că lumea naturală realizează idealul simplității matematice, drept o „credință". Este un punct de vedere ce nu poate fi întemeiat în mod constrîngător. Einstein afirmă totuși că succesele de pînă acum ale științei matematice a naturii fac ca o asemenea credință să ne apară plauzibilă.

9. Pentru alte considerații de acest fel vezi și prima parte a articolului *Geometrie și experiență*.

10. O expresie clasică a „erorii" la care se referă Einstein aici este concepția lui Kant despre caracterul sintetic *a priori* al enunțurilor geometriei euclidiene. Pentru critica acestei concepții pornind de la un punct de vedere antiintuiționist, formalist asupra naturii geometriei matematice, vezi și *Geometrie și experiență*.

11. Pentru dezvoltarea acestei idei, vezi îndeosebi articolul *Ernst Mach*.

12. Pentru considerații asemănătoare, vezi și *Despre metoda fizicii teoretice*.

13. Mach, spre deosebire de Mill, nu a fost de fapt un inductivist. El credea că introducerea noțiunilor și principiilor fizicii este guvernată de cerința „economiei gîndirii". Esențiale nu sînt însă aici asemenea nuanțe epistemologice, ci caracterizarea punctului de vedere fundamental al orientării fenomenologice în fizică, o orientare care acordă preferințe conceptelor și corelațiilor ce sînt cît mai apropiate de datele observației și experimentului. Poziția lui Einstein, care consideră că descrierea unei varietăți cît mai mari de experiențe cu un număr cît mai mic de concepte de bază reprezintă țelul fundamental al cunoașterii teoretice, este radical opusă orientării fizicii fenomenologice. Din acest

punct de vedere concepţiile lui Einstein asupra direcţiei de dezvoltare a cunoaşterii fizice au fost, încă de la începuturile activităţii sale ştiinţifice, net deosebite de cele ale lui Mach. Într-adevăr, deja primele sale cercetări s-au integrat acelei orientări antifenomenologice care este bine caracterizată în aliniatele ce urmează.

14. Acesta este programul unificării cunoaşterii fizice pe baza ideii de cîmp, un program a cărui înfăptuire a constituit ţinta supremă a activităţii ştiinţifice a lui Einstein.

15. Einstein nu se interesează atît de interpretarea filozofică a unei ştiinţe gata făcute, cît de acele vederi filozofice care influenţează într-un fel sau altul orientarea cercetării naturii. Din acest punct de vedere discută el şi ceea ce califică drept „eroarea inductivistă". Constituirea unor teorii „speculative", cum sînt teoria moleculară sau teoria cîmpului a lui Maxwell, nu a fost favorizată de prejudecăţile inductiviste dominante în rîndul cercetătorilor naturii. Pentru alte consideraţii asupra acestui subiect, vezi îndeosebi *Despre metoda fizicii teoretice.*

16. Teoria relativităţii este descrisă aici ca o *teorie de principii.* Pentru caracterizarea teoriilor de principii, în opoziţie cu teoriile constructive ,vezi *Ce este teoria relativităţii?* şi *Notele autobiografice.*

17. Einstein nu pune la îndoială cîtuşi de puţin valoarea ştiinţifică a mecanicii cuantice, ca teorie fizică. El apreciază însă că mecanica cuantică reprezintă o descriere incompletă a realităţii fizice şi că nu poate din acest motiv să ofere o bază pentru unificarea cunoaşterii fizice. Pentru argumentarea acestei teze a lui Einstein, vezi îndeosebi *Mecanica cuantică şi realitatea*, *Notele autobiografice* şi *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum.*

18. În opoziţie cu interpretarea şcolii de la Copenhaga, Einstein nu atribuie caracterul statistic al legilor teoriei cuantice în primul rînd interacţiunii incontrolabile dintre microobiecte şi instalaţiile experimentale, ci împrejurării că funcţia de undă a lui Schrödinger nu descrie un sistem individual, ci o totalitate de sisteme. Tocmai în acest sens este mecanica cuantică o descriere incompletă a realităţii fizice.

19. Einstein subliniază că ceea ce îl opune interpretării larg acceptate a mecanicii cuantice este concepţia sa generală asupra condiţiilor descrierii teoretice a realităţii fizice. În disputa dintre asemenea concepţii nu se poate decide prin apel la faptele experienţei şi cu atît mai puţin prin demonstraţie. Numai dezvoltarea viitoare a cunoaşterii fizice va putea arăta, pînă la urmă, cine are dreptate.

20. Pentru indicarea prin analogii a locului pe care îl va ocupa teoria statistică a cuantelor în cadrul unei teorii fizice mai cuprinzătoare, care ar permite descrierea completă a sistemelor cuantice individuale, vezi şi *Mecanica cuantică şi realitatea* şi *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum.*

21. Ultima parte a articolului este consacrată argumentării posibilităţii derivării fenomenelor cuantice din ecuaţiile unei teorii generale a cîmpului, un program de cercetare căruia Einstein i-a consacrat toate forţele sale în a doua perioadă a activităţii sale ştiinţifice.

22. Progresul descrierii teoretice se realizează în concepţia lui Einstein prin creşterea continuă a distanţei dintre principii şi consecin-

ţele ce pot fi confruntate cu datele de observaţie. Pe măsură ce înaintăm spre o descriere teoretică cu o bază logică mai simplă se adînceşte „prăpastia logică“ dintre principii şi datele experienţei. Pentru expunerea reprezentării lui Einstein asupra sensului dezvoltării istorice a fizicii teoretice, vezi *Despre metoda fizicii teoretice.*

23. Înţelegerea tendinţei istorice de dezvoltare a cunoaşterii fizice are după părerea autorului o însemnătate esenţială pentru clarificarea stării actuale a teoriei şi indicarea căilor dezvoltării ei viitoare. Consideraţiile principiale formulate de Einstein în acest text, ca şi în alte scrieri consacrate acestei teme, sînt, aşadar, subordonate fundamentării unei anumite orientări strategice a cercetării.

FUNDAMENTELE FIZICII TEORETICE

Ştiinţa este încercarea de a face ca diversitatea haotică a experienţei noastre senzoriale să corespundă unui sistem de gîndire uniform din punct de vedere logic. În cadrul acestui sistem experienţele singulare trebuie corelate cu structura teoretică în aşa fel încît coordonarea realizată să fie unică şi convingătoare.

Trăirile senzoriale constituie ceea ce ne este dat. În schimb, teoria menită să le interpreteze este făcută de om [1]. Ea este rezultatul unui proces de adaptare extrem de laborios, ipotetic, niciodată deplin încheiat, totdeauna supus întrebărilor şi îndoielii.

Modul ştiinţific de formare a conceptelor diferă de cel folosit în viaţa noastră de toate zilele, dar nu în mod fundamental, ci doar prin definirea mai precisă a conceptelor şi prin determinarea mai precisă a consecinţelor, prin alegerea mai meticuloasă şi mai sistematică a materialului experimental şi printr-o mai mare economie logică [2]. Prin aceasta din urmă înţelgem efortul de reducere a tuturor conceptelor şi corelaţiilor la un număr cît mai mic cu putinţă de concepte de bază şi axiome independente din punct de vedere logic.

Ceea ce numim fizică cuprinde acel grup de ştiinţe ale naturii care îşi întemeiază conceptele pe măsurători şi ale căror concepte şi propoziţii se pretează la formulare matematică. Domeniul ei se defineşte deci ca fiind acea parte din totalul cunoştinţelor noastre care poate fi exprimată în termeni matematici. O dată cu progresul ştiinţei, dome-

niul fizicii s-a lărgit într-atît încît pare a fi limitat doar de limitările metodei înseşi[3].

Cea mai mare parte a cercetării fizice este consacrată dezvoltării diferitelor ramuri ale fizicii, avînd fiecare ca obiect înţelegerea teoretică a unor cîmpuri mai mult sau mai puţin restrînse ale experienţei, legile şi conceptele fiecăreia rămînînd cît mai strîns posibil legate de experienţă. Acest sector al ştiinţei, cu specializarea lui crescîndă, este cel ce a revoluţionat viaţa practică în secolele din urmă şi a generat posibilitatea ca omul să se elibereze în cele din urmă de povara trudei fizice.

Pe de altă parte, încă de la bun început s-a încercat tot timpul să se găsească pentru toate aceste ştiinţe particulare o bază teoretică unificatoare, constînd dintr-un minim de concepte şi relaţii fundamentale, din care să poată fi derivate logic toate conceptele şi relaţiile disciplinelor particulare. Iată ce înţelegem prin căutarea unui fundament pentru întreaga fizică. Credinţa profundă că acest scop ultim poate fi atins constituie principala sursă a devotamentului pasionat ce l-a însufleţit dintotdeauna pe cercetător[4]. Observaţiile care urmează sînt consacrate, în acest sens, fundamentelor fizicii.

Din cele spuse reiese clar că termenul *fundamente*, folosit în acest context, nu înseamnă ceva analog în toate privinţele cu fundamentul unei clădiri. Desigur că, din punct de vedere logic, diferitele legi ale fizicii se sprijină pe acest fundament. Dar, în timp ce o clădire poate fi grav avariată de o furtună puternică sau de o viitură, fundamentul ei rămînînd totuşi intact, în ştiinţă totdeauna noile experienţe sau noile cunoştinţe primejduiesc fundamentul logic în mai mare măsură decît în disciplinele particulare, care sînt în contact mai strîns cu datele experimentale. În legătura pe care fundamentul o are cu toate părţile individuale rezidă marea lui însemnătate, dar şi pericolul mai mare la care este expus în faţa oricărui nou fapt. O dată ce am înţeles acest lucru, mi se pare de mirare că aşa-numitele epoci revoluţionare ale ştiinţei fizicii n-au dus la schimbări mai frecvente şi mai substanţiale în fundamentul ei decît s-a întîmplat în realitate.

Prima încercare de a dura un fundament teoretic uniform a constituit-o opera lui Newton. În sistemul său totul

se reduce la următoarele concepte: (1) puncte materiale cu masă invariabilă; (2) acțiune la distanță între orice pereche de puncte materiale; (3) lege de mișcare pentru punctele materiale. Strict vorbind, aici nu exista nici un fundament atotcuprinzător, fiindcă o lege explicită a fost formulată numai pentru acțiunile la distanță ale gravitației, în timp ce pentru alte acțiuni la distanță nu era stabilit nimic *a priori* în afară de legea egalității dintre *actio* și *reactio*. În plus, Newton însuși a înțeles cît se poate de bine că timpul și spațiul, ca factori efectivi din punct de vedere fizic, interveneau în mod esențial în sistemul său, chiar dacă numai implicit.

Această bază newtoniană s-a dovedit deosebit de fecundă și pînă la finele secolului al nouăsprezecelea a fost considerată definitivă. Ea nu numai că a dat rezultate legate de mișcările corpurilor cerești pînă la cele mai mici detalii, dar a oferit și o teorie a mecanicii maselor discrete și continue, o explicație simplă a principiului conservării energiei și o teorie completă și strălucită a căldurii. Explicarea fenomenelor electrodinamice în cadrul sistemului newtonian era mai forțată; iar cel mai puțin convingătoare din toate a fost din capul locului teoria luminii [5].

Nimic surprinzător în faptul că Newton nici nu voia să audă de o teorie ondulatorie a luminii; fiindcă o asemenea teorie era în cea mai mare discordanță cu fundamentul teoretic construit de el. Ipoteza că spațiul este umplut cu un mediu constînd din puncte materiale ce propagă unde luminoase fără a manifesta nici un fel de alte proprietăți mecanice trebuie să i se fi părut absolut artificială. Cele mai puternice argumente empirice în sprijinul naturii ondulatorii a luminii — vitezele determinate de propagare, interferența, difracția, polarizarea — nu erau cunoscute ori nu erau cunoscute în mod sistematic. Newton avea dreptate să rămînă fidel teoriei sale corpusculare a luminii.

În secolul al XIX-lea disputa a fost decisă în favoarea teoriei ondulatorii. Cu toate acestea în legătură cu fundamentul mecanic al fizicii n-au apărut îndoieli serioase, în primul rînd pentru că nimeni nu știa unde s-ar putea găsi un astfel de fundament. Doar încetul cu încetul, sub presiunea irezistibilă a faptelor, s-a dezvoltat un nou fundament al fizicii, fizica cîmpului.

Începînd încă din vremea lui Newton, teoria acțiunii-la-distanță a fost în mod constant considerată drept artificială. N-au lipsit eforturile de a explica gravitația printr-o teorie cinetică, adică pe baza forțelor de coliziune ale unor ipotetice particule materiale. Încercările au fost însă superficiale și nu au dat roade. Rolul straniu jucat de spațiu (respectiv sistemul inerțial) în fundamentele mecanicii a fost de asemenea clar recunoscut în mod evident și criticat cu deosebită claritate de către Ernst Mach.

Marea schimbare a fost determinată de Faraday, Maxwell și Hertz — într-un mod aproape inconștient și fără voia lor. Toți trei s-au considerat, toată viața, adepți ai teoriei mecanice. Hertz a găsit forma cea mai simplă a ecuațiilor cîmpului electromagnetic și a declarat că orice teorie care duce la aceste ecuații este o teorie maxwelliană. Totuși, spre sfîrșitul scurtei sale vieți el a scris o lucrare în care a prezentat drept fundament al fizicii o teorie mecanică din care era eliminat conceptul de forță.

Nouă, celor care am primit ideile lui Faraday, ca să spunem o dată cu laptele matern, ne este greu să ne dăm seama de importanța și cutezanța lor. Faraday trebuie să fi sesizat cu un instinct infailibil caracterul artificial al tuturor încercărilor de a raporta fenomenele electromagnetice la acțiunile-la-distanță dintre particule electrice ce acționează unele asupra celorlalte. Cum se poate ca fiecare firicel de fier din pilitura presărată pe o bucată de hîrtie să știe despre particulele electrice individuale ce trec printr-un conductor din apropiere? Toate aceste particule electrice laolaltă păreau să creeze în spațiul înconjurător o stare care la rîndul ei producea o anumită ordine în pilitură. Faraday era convins că aceste stări spațiale, numite astăzi cîmpuri, odată ce structura lor geometrică și interacțiunea lor erau corect determinate, aveau să ofere cheia misterioaselor interacțiuni electromagnetice. El concepea aceste cîmpuri ca pe niște stări de tensiune mecanică într-un mediu ce umple spațiul, asemeni stărilor de tensiune într-un corp întins elastic. Pe atunci acesta era singurul mod în care puteau fi concepute stări distribuite aparent continuu în spațiu. Tipul particular de interpretare mecanică a acestor cîmpuri rămînea, pentru a spune așa, în fundal — ca un fel de liniștire a conștiinței științifice ținînd seamă de tradiția mecanică din epoca lui Faraday.

Cu ajutorul acestui nou concept de cîmp, Faraday a izbutit să formuleze un concept calitativ despre întregul complex de efecte electromagnetice descoperite de el și de predecesorii săi. Formularea precisă a legilor spațio-temporale ale acestor cîmpuri a fost opera lui Maxwell. Să ne închipuim ce a putut să simtă atunci cînd ecuațiile sale diferențiale i-au arătat că aceste cîmpuri electromagnetice se propagau sub formă de unde polarizate și cu viteza luminii! Nu mulți sînt muritorii cărora le-a fost hărăzită o asemenea experiență. În acel moment emoționant, Maxwell n-ar fi putut în mod cert să-și închipuie că lumina, a cărei natură părea lămurită complet, avea să preocupe în continuare generație după generație. În tot acest timp, fizicienii au avut nevoie de cîteva decenii pentru a sesiza întreaga semnificație a descoperirii lui Maxwell, atît de îndrăzneț a fost saltul impus de geniul său concepțiilor colegilor săi de breaslă. Abia după ce Hertz a demonstrat experimental existența undelor electromagnetice maxwelliene, a încetat orice rezistență față de noua teorie.

Dacă însă cîmpul electromagnetic putea să existe ca undă independent de sursa materială, interacțiunea electrostatică nu mai putea fi interpretată ca acțiune-la-distanță. Iar ceea ce era valabil pentru acțiunea electrică nu putea fi negat în gravitație. Pretutindeni acțiunile-la-distanță newtoniene făceau loc cîmpurilor ce se propagă cu viteză finită.

Din fundamentul newtonian nu mai rămîneau acum decît punctele de masă materiale supuse legii de mișcare. J. J. Thompson a arătat însă că un corp încărcat electric aflat în mișcare trebuie, potrivit teoriei lui Maxwell, să posede un cîmp magnetic a cărui energie se comportă întocmai ca un adaos la energia sa cinetică. Iar dacă o parte a energiei cinetice constă din energia cîmpului, n-ar putea fi valabil lucrul acesta pentru întreaga energie cinetică? Nu cumva inerția substanței materiale, proprietate de bază a acesteia, ar putea fi explicată în cadrul teoriei cîmpului? Această întrebare a dus la problema interpretării substanței materiale în termeni de teorie a cîmpului, problemă a cărei rezolvare ar fi oferit și o explicație a structurii atomice a materiei. Fizicienii și-au dat curînd seama că teoria lui Maxwell nu putea îndeplini un asemenea program. De atunci mulți oameni de știință au depus mari

strădanii pentru a completa teoria cîmpului printr-o generalizare menită să cuprindă o teorie a substanței materiale; deocamdată însă eforturile în acest sens nu au fost încununate de succes. Pentru a construi o teorie, nu e de-ajuns să ai o concepție clară asupra scopului. Trebuie să mai ai și un punct de vedere formal care să restrîngă suficient de mult, varietatea nelimitată a posibilităților. Pînă în prezent acesta nu a fost găsit, astfel încît teoria cîmpului nu a izbutit să ofere un fundament pentru întreaga fizică.

Timp de cîteva decenii majoritatea fizicienilor au fost convinși că se va găsi o substructură mecanică pentru teoria lui Maxwell. Rezultatele nesatisfăcătoare ale eforturilor lor au dus însă la acceptarea treptată a noilor concepte de cîmp ca fundamente ireductibile — cu alte cuvinte, fizicienii s-au resemnat să abandoneze ideea unei fundamentări mecanice.

Astfel, fizicienii au aderat la programul teoriei cîmpului. Acesta nu putea însă fi numit un fundament, fiindcă nimeni nu putea să spună dacă o teorie a cîmpului consistentă va putea să explice vreodată pe de o parte gravitația, iar pe de altă parte componentele elementare ale materiei. În această situație era necesar ca particulele materiale să fie gîndite ca puncte materiale supuse legilor de mișcare newtoniene. Acesta a fost procedeul prin care Lorentz a creat teoria despre electron și teoria fenomenelor electromagnetice ale corpurilor în mișcare.

Iată punctul în care ajunseseră concepțiile fundamentale în pragul secolului nostru. Fusese înregistrat un progres imens în pătrunderea și înțelegerea teoretică a unor grupuri întregi de fenomene noi; dar stabilirea unui fundament unificat pentru fizică părea un obiectiv îndepărtat. Evoluția ulterioară a agravat și mai mult această stare de lucruri. Dezvoltarea înregistrată în acest secol se caracterizează prin elaborarea a două sisteme de gîndire independente în esență unul de altul, teoria relativității și mecanica cuantică. Cele două sisteme nu se contrazic în mod direct între ele; ele par însă puțin adaptate pentru a fuziona într-o teorie unificată. Acum va trebui să discutăm pe scurt ideea de bază a acestor două sisteme.

Teoria relativității a luat naștere din eforturile de a îmbunătăți, sub aspectul economiei logice, fundamentele fizicii așa cum se prezentau la începutul secolului. Așa-

numita teorie specială sau restrînsă a relativității se bazează pe faptul că ecuațiile lui Maxwell (și, deci, legea de propagare a luminii în vid) se convertesc în ecuații de aceeași formă atunci cînd suferă transformări Lorentz. Acestei proprietăți formale a ecuațiilor lui Maxwell i se adaugă cunoașterea noastră empirică destul de sigură, potrivit căreia legile fizicii sînt aceleași în raport cu toate sistemele inerțiale. Toate acestea au drept rezultat faptul că transformările Lorentz — aplicate coordonatelor spațiale și temporale — trebuie să guverneze tranziția de la un sistem inerțial la oricare altul. Conținutul teoriei restrînse a relativității poate fi rezumat, deci, printr-o propoziție: toate legile naturale trebuie să fie astfel formulate încît să fie covariante în raport cu transformările Lorentz. De aici urmează că simultaneitatea a două evenimente distincte nu este un concept invariant și că dimensiunile corpurilor rigide și vitezele ceasornicelor depind de starea lor de mișcare. O altă consecință a fost modificarea legii de mișcare newtoniene în cazurile în care viteza corpului dat nu este mică în comparație cu viteza luminii. Decurgea de asemenea principiul echivalenței masei și energiei, legile de conservare a masei și energiei devenind una și aceeași lege. Odată ce s-a arătat că simultaneitatea este relativă și depinde de cadrul de referință, a dispărut orice posibilitate de a menține acțiunile la distanță în fundamentul fizicii, dat fiind că acest concept presupunea caracterul absolut al simultaneității (trebuie să fie posibil să se precizeze localizarea a două puncte materiale în interacțiune „în același moment“).

Teoria generală a relativității își are originea în încercarea de a explica un fapt ce era cunoscut de pe vremea lui Galilei și Newton, dar care s-a sustras oricărei interpretări teoretice: inerția și greutatea unui corp, care sînt în ele însele două lucruri total distincte, se măsoară cu una și aceeași constantă — masa. Din această corespondență decurge că, pe cale experimentală este imposibil să se descopere dacă un sistem de coordonate dat este accelerat sau dacă mișcarea sa este rectilinie și uniformă, faptele observate datorîndu-se unui cîmp gravitațional (acesta este principiul echivalenței din teoria generală a relativității). Prin acest fapt conceptul de sistem inerțial este zdruncinat de îndată ce intervine gravitația. Aici putem face observația că sistemul inerțial constituie un punct slab al mecanicii

galileo-newtoniene. Căci se presupune astfel o proprietate misterioasă a spațiului fizic, ce condiționează tipul de sisteme de coordonate pentru care rămîn valabile legea inerției și legea de mișcare newtoniană.

Aceste dificultăți pot fi evitate prin următorul postulat: legile naturii trebuie formulate în așa fel încît forma lor să fie identică pentru sisteme de coordonate în orice fel de stare de mișcare. Realizarea acestui obiectiv este sarcina teoriei generale a relativității. Pe de altă parte, din teoria restrînsă deducem existența unei metrici riemanniene în cadrul continuului spațio-temporal, care, conform principiului echivalenței, descrie atît cîmpul gravitațional, cît și proprietățile metrice ale spațiului. Admițînd că ecuațiile cîmpului pentru gravitație sînt diferențiale de ordinul al doilea, legea cîmpului este clar determinată.

Dincolo de acest rezultat, teoria eliberează fizica cîmpului de un neajuns de care suferea deopotrivă cu mecanica newtoniană — neajunsul de a atribui spațiului acele proprietăți fizice independente care fuseseră pînă atunci disimulate prin folosirea unui sistem inerțial. Nu se poate pretinde însă că acele părți ale teoriei generale a relativității care pot fi considerate astăzi ca definitive, au oferit fizicii un fundament complet și satisfăcător. În primul rînd, în ea cîmpul total apare ca fiind compus din două părți neconectate logic — cîmpul gravitațional și cîmpul electromagnetic. Iar în al doilea rînd, această teorie, la fel ca și teoriile anterioare ale cîmpului, n-a furnizat deocamdată o explicație a structurii atomice a materiei. Acest insucces are probabil o legătură cu faptul că pînă acum teoria nu a contribuit cu nimic la înțelegerea fenomenelor cuantice. Pentru a putea înțelege aceste fenomene, fizicienii au fost nevoiți să adopte metode cu totul noi, ale căror caracteristici de bază le vom discuta acum.

În anul 1900, în cursul unei investigații pur teoretice, Max Planck a făcut o descoperire cu adevărat remarcabilă; legea radiației corpurilor în funcție de temperatură nu putea fi derivată exclusiv din legile electrodinamicii maxwelliene. Pentru a ajunge la rezultate consistente pe baza unor experimente relevante, radiația de o frecvență dată trebuia tratată ca și cum ar consta din atomi de energie cu energia individuală $h\nu$, unde h este constanta universală a lui Planck. În anii care au urmat s-a arătat că pretu-

tindeni lumina este produsă şi absorbită în astfel de cuante de energie. Mai cu seamă, Niels Bohr a putut să înțeleagă în linii mari structura atomului, pornind de la ipoteza că atomii pot avea numai valori energetice discrete şi că tranzițiile discontinue dintre ele sînt legate de emisia sau absorbția unei asemenea cuante de energie. Aceasta arunca o anumită lumină asupra faptului că în stările lor gazoase elementele și compușii lor radiază și absorb numai lumină cu frecvențe precis determinate. Toate acestea nu-și găseau nici o explicație în cadrul teoriilor existente atunci. Era clar că cel puțin în domeniul fenomenelor atomice caracterul a tot ce se întîmplă este determinat de stări discrete şi de tranzițiile aparent discontinue dintre ele, constanta lui Planck, h, jucînd pretutindeni un rol decisiv.

Pasul următor l-a făcut de Broglie. El și-a pus întrebarea, cum ar putea fi înțelese stările discrete cu ajutorul conceptelor curente și i-a venit ideea unei paralele cu undele staționare, ca de exemplu în cazul frecvențelor proprii ale tuburilor de orgă și ale coardelor în acustică. Ce-i drept, acțiuni ondulatorii de felul celor cerute aici nu erau cunoscute; dar puteau fi construite, și legile lor matematice puteau fi formulate, folosind constanta lui Planck, h. De Broglie a conceput un electron ce se rotește în jurul nucleului atomic ca fiind legat de un asemenea cîmp de unde ipotetic și a făcut inteligibil pînă la un punct caracterul discret al orbitelor „permise" ale lui Bohr prin caracterul staționar al undelor corespunzătoare.

În mecanică, mişcarea punctelor materiale este determinată de forțe sau cîmpuri de forță ce acționează asupra lor. Era deci de așteptat ca aceste cîmpuri de forță să influențeze într-un mod analog și cîmpurile de unde ale lui de Broglie. Erwin Schrödinger a arătat cum trebuia luată în considerare această influență, reinterpretînd printr-o metodă ingenioasă anumite formulări ale mecanicii clasice. El a reușit chiar să lărgească într-atît teoria mecanicii ondulatorii astfel încît, fără introducerea vreunei ipoteze adiționale, ea a devenit aplicabilă oricărui sistem mecanic constînd dintr-un număr arbitrar de puncte materiale, adică avînd un număr arbitrar de grade de libertate. Lucrul acesta a fost posibil, dat fiind că un sistem mecanic constînd din n puncte materiale este într-o măsură considerabilă echiva-

lent din punct de vedere matematic cu un singur punct material ce se mişcă într-un spaţiu cu 3 n-dimensiuni.

Pe baza acestei teorii s-a obţinut o reprezentare surprinzător de bună a unei imense varietăţi de fapte care altminteri apăreau cu totul de neînţeles. În mod curios, totuşi, într-un punct se înregistra un eşec: s-a dovedit imposibil să se coreleze cu aceste unde Schrödinger mişcări definite ale punctelor materiale — or, tocmai acesta fusese scopul iniţial al întregii construcţii.

Dificultatea părea insurmontabilă, pînă cînd a fost depăşită de Bohr într-un mod pe cît de simplu pe atît de neaşteptat. Cîmpurile de unde de Broglie—Schrödinger urmau a fi interpretate nu ca o descriere matematică a felului în care un eveniment se produce efectiv în timp şi spaţiu — cu toate că, fireşte, ele se referă la un asemenea eveniment — , ci, mai degrabă, ca descriere matematică a ceea ce putem cunoaşte efectiv despre sistem. Ele servesc doar pentru formularea de enunţuri şi predicţii statistice ale rezultatelor tuturor măsurătorilor pe care le putem efectua asupra sistemului.

Aş vrea să ilustrez aceste trăsături generale ale mecanicii cuantice printr-un exemplu simplu: să considerăm un punct material ţinut înăuntrul unei regiuni restrînse G prin forţe de mărime finită. Dacă energia cinetică a punctului material se situează sub o anumită limită, atunci conform mecanicii clasice el nu poate părăsi niciodată regiunea G. În schimb, conform mecanicii cuantice, punctul material, după o perioadă ce nu este imediat predictibilă, poate părăsi regiunea G, într-o direcţie imposibil de prevăzut, evadînd în spaţiul înconjurător. După Gamow, cazul acesta este un model simplificat al dezintegrării radioactive.

Mecanica cuantică tratează acest caz în felul următor: în momentul t_0 avem un sistem de unde Schrödinger aflat în întregime înăuntrul lui G. După momentul t_0, însă, undele părăsesc interiorul lui G îndreptîndu-se în toate direcţiile, în aşa fel încît amplitudinea undei care iese este mică în comparaţie cu amplitudinea iniţială a sistemului de unde din interiorul lui G. Cu cît aceste unde se propagă mai departe, cu atît scade amplitudinea undelor înăuntrul lui G şi în mod corespunzător scade intensitatea undelor ulterioare care ies din G. Numai după trecerea unui timp

infinit rezerva de unde din G va fi epuizată, iar unda exterioară se va fi propagat într-un spațiu din ce în ce mai mare.

Dar ce are a face acest proces ondulatoriu cu primul obiect al interesului nostru, particula cuprinsă inițial în G? Pentru a răspunde la această întrebare, trebuie să ne imaginăm un aranjament care să ne permită efectuarea de măsurători asupra particulei. De pildă, să ne imaginăm undeva în spațiul înconjurător un ecran în așa fel făcut încît particula să rămînă fixată de el atunci cînd vine în contact cu el. Atunci, din intensitatea undelor care lovesc ecranul într-un anumit punct, tragem concluzii cu privire la probabilitatea ca particula să lovească ecranul în cutare loc și moment. De îndată ce particula a lovit un punct determinat al ecranului, întreg cîmpul de unde își pierde cu totul semnificația fizică; singura lui menire a fost să permită predicții probabilistice cu privire la locul și timpul în care particula va lovi ecranul (sau, de exemplu, impulsul ei în momentul cînd lovește ecranul).

Toate celelalte cazuri sînt analoge. Scopul teoriei este să determine probabilitatea rezultatelor măsurătorii efectuate asupra sistemului la un moment dat. Pe de altă parte, ea nu încearcă să dea o reprezentare matematică a ceea ce există sau a ceea ce se petrece efectiv în spațiu și timp. În această privință actuala teorie cuantică diferă fundamental de toate teoriile anterioare ale fizicii, atît cele mecanice, cît și cele ale cîmpului. În locul unei descrieri prin modele a evenimentelor spațio-temporale efective, ea dă desfășurarea în timp a distribuțiilor probabiliste pentru măsurători posibile.

Trebuie admis că noua concepție teoretică își datorează originea nu vreunui joc al fanteziei, ci forței constrîngătoare a faptelor de experiență. Pînă în prezent toate încercările de a reprezenta direct trăsăturile corpusculare și ondulatorii manifestate în fenomenele luminii și ale substanței materiale printr-un model spațio-temporal au eșuat. După cum a arătat în mod convingător Heisenberg, din punct de vedere empiric orice decizie privind o structură riguros determinată a naturii este categoric exclusă, din cauza structurii atomice a aparatului nostru experimental. De aceea, probabil, nici vorbă nu poate fi ca vreo cunoștință dobîndită în viitor să oblige din nou fizica să abandoneze actualul fundament teoretic statistic în favoarea

unuia determinist legat direct de realitatea fizică. Considerînd lucrurile din punct de vedere logic, problema pare a oferi două posibilități între care putem în principiu să alegem. În ultimă instanță, alegerea va fi făcută în funcție de tipul de descriere care facilitează, logic vorbind, formularea celui mai simplu fundament. În prezent nu dispunem de nici o teorie determinată care ar descrie direct evenimentele înseși și ar fi în concordanță cu faptele.

Deocamdată trebuie să recunoaștem că, în cazul fizicii, nu posedăm nici o bază teoretică generală care să poată fi privită drept fundamentul ei logic. Teoria cîmpului a eșuat pînă acum în sfera moleculară. Pe de altă parte, și teoria cuantică stă în fața unor greutăți ce par să aibă rădăcini adînci. Toată lumea este de acord că doar o asemenea formulare a teoriei cuantice ar putea să fie pusă ca fundament, care ar constitui o traducere a teoriei cîmpului în schema statisticii cuantice. Nimeni nu poate să prevadă dacă lucrul acesta va putea fi realizat într-un mod satisfăcător.

Unii fizicieni, între care mă număr și eu, nu pot să creadă că trebuie să abandonăm, efectiv și pentru totdeauna, ideea reprezentării directe a realității fizice în spațiu și timp; sau că trebuie să acceptăm punctul de vedere după care evenimentele din natură sînt analoge unui joc de noroc. Orice om e liber să aleagă în ce sens să-și orienteze străduințele; de asemenea, orice om se poate mîngîia cu vorba lui Lessing că mai de preț este căutarea adevărului decît stăpînirea lui [6].

NOTE

1. Einstein pare să aibă în vedere că trăirile senzoriale reprezintă „obiectul ce ne este dat“ în sensul că ele sînt determinate de natura stimulilor, de structura sistemului nostru nervos și de o anumită programare a sistemului nervos care este rezultatul învățării individuale. Experiențele senzoriale se constituie, așadar, prin procese mai mult sau mai puțin automate, inconștiente. Dimpotrivă, teoriile științifice sînt produsul activității conștiente a cercetătorilor. Se lasă să se înțeleagă că cercetători ale căror experiențe senzoriale nu diferă în mod esențial pot să le „interpreteze“ foarte diferit, dacă le raportează la teorii incompatibile.

2. Einstein se delimitează aici, ca și în alte texte, de punctul de vedere curent, potrivit căruia noțiunile cunoașterii comune se constituie pornind de la informații despre obiecte, însușiri și relații particulare

prin abstractizare şi generalizare, adică comparînd aceste informaţii, lăsînd la o parte ceea ce este specific, diferit şi reţinînd ceea ce este comun. El subliniază cu insistenţă că toate noţiunile, atît noţiunile gîndirii comune, cît şi cele ale ştiinţei sînt creaţii ale gîndirii omeneşti, produse ale unei activităţi imaginative şi constructive şi nu rezultate ale unor demersuri logice. Acest punct de vedere reprezintă unul din elementele cele mai originale ale concepţiei lui Einstein despre cunoaştere, care o detaşează atît de concepţia inductivistă curentă, cît şi de realismul simţului comun. Într-o scrisoare din 15 iunie 1950, Einstein observă că el subliniază distincţia dintre „trăiri senzoriale" şi „noţiuni" care i se pare banală, „pentru a arăta că alegerea liberă a elementelor constructive inteligibile postulate în mod liber şi imposibil de dedus în mod empiric nu începe în ştiinţa propriu-zisă, ci aparţine vieţii intelectuale de toate zilele". (A. Einstein, M. Besso, *Op. cit.*, p. 263). Într-o altă scrisoare din 20 martie 1952 către acelaşi Besso, Einstein încearcă să explice consideraţiile sale sumare pe această temă din *Notele autobiografice*, propunînd un exemplu: noţiunea de număr, ca noţiune a gîndirii comune, nu este abstrasă din experienţă cum crede, de exemplu, J. S. Mill, ci reprezintă o creaţie a minţii omeneşti care a fost selecţionată şi păstrată datorită capacităţii sale de a coordona experienţele noastre. Einstein conchide: drumul ce duce de la particular la general este unul intuitiv, cel ce duce de la general la particular este unul logic". (*Op. cit.*, p. 274). Pentru consideraţii asemănătoare vezi şi *Observaţii asupra teoriei cunoaşterii la Bertrand Russell*, precum şi nota (2) la acest text.

3. Este îndoielnic că o asemenea caracterizare a domeniului cunoaşterii fizice ar mai putea fi acceptată în zilele noastre. Unele determinări ale fenomenelor biologice şi sociale au putut fi măsurate. Au fost de asemenea elaborate teorii şi modele matematice utile ale unor procese biologice şi sociale. Asemenea rezultate nu aparţin totuşi fizicii, ci ştiinţelor biologice sau sociale. Domeniul ştiinţei fizice nu poate fi delimitat exclusiv prin metodă, prin caracteristici generale ale demersurilor cercetării, cum afirmă aici Einstein.

4. Vorbind în general de *cercetător*, Einstein nu are, desigur, în vedere aici pe toţi oamenii care şi-au consacrat talentul şi forţele studiului naturii. El se gîndeşte în primul rînd la acei cercetători a căror activitate crede că a ilustrat cel mai bine acest ideal de cunoaştere, cei pe care i-a admirat în mod deosebit, personalităţi creatoare ca Newton, Faraday, Maxwell sau Lorentz. Einstein se simţea străin de acei fizicieni reprezentativi din generaţia sa care nu vedeau în unificarea cercetării fizice ţelul fundamental al activităţii lor teoretice. El s-a explicat de nenumărate ori în această privinţă, îndeosebi atunci cînd s-a referit, cum va face doar aluziv în partea finală a acestui text, la ceea ce îl desparte de susţinătorii „interpretării ortodoxe" a mecanicii cuantice.

5. Pentru consideraţii asemănătoare, cu remarcabile deosebiri în nuanţe, vezi şi *Notele autobiografice*, mai ales pasajul consacrat caracterizării generale a situaţiei din fizică la sfîrşitul secolului al XIX-lea cînd autorul şi-a încheiat studiile şi a făcut primii paşi spre o activitate de cercetare independentă.

6. Einstein admite că faptele cunoscute atunci în fizica atomică sînt compatibile cu două interpretări care decurg din reprezentări diferite asupra obiectivelor cercetării teoretice. Potrivit primei interpretări,

descrierea teoretică, în măsura în care nu urmărește decît prevederea și explicarea rezultatelor experimentelor, va fi una ireductibil statistică. A doua interpretare pornește, dimpotrivă, de la premisa că teoria fizică trebuie să ofere o descriere a realității în spațiu și timp și conduce la concluzia că legile mecanicii cuantice vor trebui deduse drept consecințe din ecuațiile unei teorii generale a cîmpului. În opoziție cu marea majoritate a fizicienilor contemporani, Einstein a susținut cu consecvență cea de-a doua interpretare apreciind că dezvoltarea viitoare a cunoașterii fizice va fi în măsură să determine dacă această opțiune s-a dovedit sau nu fertilă. Einstein lasă clar să se înțeleagă că orientarea strategică a cercetării fizice depinde în mod hotărîtor de idealul de cunoaștere pe care îl adoptă teoreticienii.

MECANICA CUANTICĂ ŞI REALITATEA

În cele ce urmează voi explica pe scurt şi într-un mod elementar de ce eu nu consider metoda mecanicii cuantice ca fiind, în principiu, satisfăcătoare. Voi observa însă dela început că nu neg în nici un caz faptul că această teorie reprezintă un progres semnificativ, iar într-un anumit sens chiar definitiv, al cunoaşterii fizice. Îmi închipui că această teorie va fi inclusă într-o teorie ulterioară, la fel cum optica razelor de lumină a fost inclusă în optica ondulatorie; relaţiile vor rămîne, baza lor va fi însă adîncită, respectiv înlocuită cu alta mai cuprinzătoare.

I

Îmi imaginez o particulă în mişcare liberă într-un anumit moment al timpului ca fiind descrisă (complet, în sensul mecanicii cuantice) printr-o funcţie ψ spaţial limitată. Conform unei asemenea reprezentări, particula nu are nici un impuls bine determinat, nici o poziţie bine determinată.

În ce sens trebuie să consider că această descriere reprezintă o situaţie individuală reală? Îmi apar ca posibile două concepţii ce se impun imediat, pe care aş dori să le examinez în relaţia lor reciprocă:

a) Particula (liberă) are în realitate o poziţie determinată şi un impuls determinat, chiar dacă acestea nu pot fi constatate simultan prin măsurare în acelaşi caz individual. Funcţia ψ

oferă după această concepție o descriere *incompletă* a unei stări de lucruri reale.

Această concepție nu este cea acceptată de fizicieni. Acceptarea ei ar conduce la tendința de a căuta în fizică, pe lîngă descrierea incompletă, și o descriere completă a stărilor de lucruri, respectiv de a căuta legile unei asemenea descrieri. Cu aceasta însă s-ar sparge cadrul teoretic al mecanicii cuantice.

b) Particula nu are în realitate nici un impuls determinat și nici o poziție determinată; descrierea prin funcția ψ este o descriere principial completă. Poziția precisă a particulei pe care o obținem printr-o măsurare de poziție nu poate fi interpretată ca fiind poziția particulei *înainte* de măsurare. Localizarea precisă, care apare în cazul măsurării, se va produce numai prin intervenția (esențială) a măsurării. Rezultatul măsurării nu depinde doar de situația reală a particulei, ci și de natura principial incomplet cunoscută a mecanismului măsurării. În mod analog se petrec lucrurile cînd se măsoară impusul sau o observabilă corespunzătoare a particulei. Această interpretare este cea favorizată actualmente de fizicieni și trebuie să recunoaștem că numai ea este aptă să dea seama în cadrul mecanicii cuantice de situația empirică exprimată de principiul lui Heisenberg.

Conform acestei concepții două funcții ψ deosebite (nu doar trivial) descriu întotdeauna două situații reale diferite (de exemplu, particule cu poziții precise, respectiv cu impulsuri precise).

Cele afirmate mai sus sînt valabile *mutatis mutandis* și pentru descrierea sistemelor constituite din mai multe puncte materiale. Și aici trebuie să admitem (în sensul interpretării Ib) că funcția ψ descrie complet o stare de lucruri reală, și că două funcții ψ (esențial) deosebite descriu două stări de lucruri diferite; chiar dacă ele pot duce, atunci cînd se realizează o măsurare completă, la rezultate ce coincid; coincidența rezultatelor de măsură va fi atribuită influenței parțial necunoscute a aranjamentului experimental de măsurare.

II

Dacă ne vom întreba, ce este caracteristic, independent de teoria cuantică, pentru lumea ideilor a fizicii, atunci ne apar imediat următoarele: conceptele fizicii se raportează la o lume exterioară reală, cu alte cuvinte sînt idei asupra unor lucruri (corpuri, cîmpuri etc.) ce pretind o „existență reală“ independentă de subiectul perceptiv, idei care pe de altă parte sînt aduse în cea mai sigură relație cu impresiile senzoriale. Caracteristic pentru aceste obiecte fizice este apoi faptul că ele sînt gîndite ca situate într-un continuu spațio-temporal. Esențial pentru această situare spațio-temporală a obiectelor introduse în fizică este faptul că, la un moment dat al timpului, aceste obiecte pretind o existență independentă, în măsura în care aceste obiecte „se află în părți diferite ale spațiului“. Fără acceptarea unei asemenea independențe a existenței (a „Ființei-determinate“, „*So-Sein*“) a obiectelor distanțate spațial unul de altul, care provine la început din gîndirea comună, n-ar fi posibilă gîndirea fizică în sesnsul obișnuit. Fără o asemenea despărțire netă nu vedem cum s-ar putea formula și verifica legi fizice. Teoria cîmpului a realizat acest principiu în mod exemplar, prin aceea că ea a localizat în elemente-de-spațiu infinite (cvadridimensionale) obiectele elementare existente reciproc independent, care sînt puse ca fundament, ca și legile elementare postulate pentru ele.

Pentru independența relativă a obiectelor spațial distanțate (A și B) este caracteristică ideea: influențarea exterioară a lui A nu are nici un efect *nemijlocit* asupra lui B; această idee este cunoscută ca „Principiul acțiunii din aproape în aproape“ (Prinzip der Nahewirkung), care nu este aplicat în mod consecvent decît în teoria cîmpului. Abandonarea completă a acestui principiu (Grundsatz) ar face imposibilă ideea existenței sistemelor (cvasi-) închise și, prin aceasta, stabilirea legilor empiric verificabile, luate în sensul obișnuit.

III

Afirm că mecanica cuantică, în interpretarea ei în acord cu Ib, nu este compatibilă cu principiul II.

Vom considera un sistem fizic S_{12}, compus din două subsisteme, S_1 şi S_2. Aceste două subsisteme s-au aflat într-un

moment anterior al timpului în interacțiune fizică. Le vom considera însă într-un anumit moment t în care această interacțiune a dispărut. Sistemul total va fi descris complet, în sensul mecanicii cuantice, printr-o funcție ψ, ψ_{12} de coordonate q_1..., respectiv q_2... ale celor două subsisteme (ψ_{12} nu va putea fi reprezentată ca un produs de forma ψ_1 (q_1...) ψ_2 (q_2...), ci doar ca o sumă a unor asemenea produse). Să considerăm că la momentul t cele două subsisteme sînt spațial reciproc separate, astfel încît ψ_{12} este diferită de zero numai dacă q_1... aparțin unui domeniu spațial limitat R_1 *și* q_2... aparțin de asemenea unui domeniu spațial R_2, separat de R_1.

Funcțiile ψ ale subsistemelor particulare S_1 și S_2 sînt atunci mai întîi necunoscute, respectiv ele nu există în genere. Metodele mecanicii cuantice permit însă să determinăm funcția ψ_2 a sistemului S_2 pornind de la funcție ψ_{12} dacă, în plus, se efectuează o măsurare completă, în sensul mecanicii cuantice, asupra subsistemului S_1. Se obține, astfel, în locul funcției ψ originale a lui S_{12} funcția ψ, ψ_2 a subsistemului S_2.

În această determinare este însă esențial ce gen de măsurare completă, în sensul mecanicii cuantice, se întreprinde asupra lui S_1, adică ce gen de observabilă măsurăm. Dacă, de exemplu, S_1 este o particulă individuală, atunci putem alege să măsurăm fie poziția sa, *fie* componentele impulsului. În funcție de alegerea făcută vom obține pentru S_2 o reprezentare diferită pentru ψ_2, și anume pentru fiecare alegere a măsurării asupra lui S_1 rezultă predicții (statistice) diferite asupra măsurărilor ulterior întreprinse asupra lui S_2. Din punctul de vedere al interpretării Ib aceasta înseamnă că în funcție de alegerea măsurării directe asupra lui S_1 se produce o situație reală diferită cu privire la S_2, care va fi descrisă prin funcții ψ diferite, ψ_2, ψ_2 etc.

Din punctul de vedere al mecanicii cuantice, *considerată în sine*, aceasta nu reprezintă nici o dificultate. Pentru fiecare alegere diferită a măsurării asupra lui S_1 se va crea o situație reală și nu apare necesară punerea în corespondență simultană a aceluiași sistem S_2 cu mai multe funcții ψ diferite, ψ_2, ψ_2.

Cu totul alta este însă situația dacă, în același timp cu principiile mecanicii cuantice vom încerca să menținem și Principiul II cu privire la existența independentă a stărilor prezente în două părți separate ale spațiului, R_1 și R_2. În exemplul nostru, o măsurare completă asupra lui S_1 va însemna o intervenție fizică care nu afectează decît partea spațiului R_1. O asemenea intervenție nu poate influența însă nemijlocit realitatea fizică *(das Physikalisch-Reale)* din partea spațială R_2 independentă de ea. De aici ar decurge că acel enunț referitor la S_2 la care putem ajunge pe baza unei măsurări complete asupra lui S_1 trebuie să fie valabil pentru S_2 și atunci cînd nu se face nici o măsurare asupra lui S_1. Aceasta ar însemna că pentru S_2 ar trebui să fie valabile toate enunțurile ce ar putea fi derivate prin stabilirea lui ψ_2 sau ψ_2 etc. Acest fapt este însă evident imposibil, dacă ψ_2, ψ_2 etc. vor trebui să se refere la stări reale diferite, cu alte cuvinte intrăm în contradicție cu interpretarea Ib a funcției ψ.

Nu mi se pare că ar exista vreo îndoială asupra faptului că fizicienii care consideră modul de descriere al mecanicii cuantice în principiu definitiv vor reacționa la aceste considerații astfel: ei vor abandona Exigența II asupra existenței independente a realității fizice prezente în părți ale spațiului diferite; ei se vor putea întemeia în aceasta, pe bună dreptate, pe faptul că mecanica cuantică nu folosește nicăieri în mod explicit această exigență.

Admit lucrul acesta, nu însă fără a observa: dacă vom considera fenomenele fizice cunoscute, chiar și pe acelea pe care le-a explicat atît de bine mecanica cuantică, atunci nu vom găsi nicăieri un fapt în urma căruia să-mi apară ca probabilă abandonarea Exigenței II. De aceea sînt înclinat să cred că descrierea mecanicii cuantice trebuie considerată, în sensul lui Ia, ca o descriere incompletă și indirectă a realității, care va fi înlocuită mai tîrziu printr-una completă și directă.

În orice caz, după opinia mea va trebui să ne ferim ca în căutarea unei baze unitare pentru întreaga fizică să ne cramponăm dogmatic de schema teoriei actuale.

Rezumat

Dacă se concepe funcția ψ în mecanica cuantică ca o descriere (în principiu) *completă* a unei stări reale, atunci este implicată ipoteza unei acțiuni la distanță greu de admis. Dacă se concepe însă funcția ψ ca o descriere *incompletă* a unei stări reale, atunci este greu de crezut că pentru o descriere incompletă sînt valabile legi stricte asupra dependenței temporale. (A.E.)

NOTE AUTOBIOGRAFICE

Iată-mă stînd aici și scriind, la șaizeci și șapte de ani, ceva care seamănă cu propriul meu necrolog. Fac aceasta nu numai deoarece doctorul Schilpp m-a convins să o fac, ci și fiindcă cred și eu însumi că este bine să arăți celor ce se străduiesc alături de tine cum îți apare, în retrospectivă, propria strădanie și căutare. După o anumită chibzuință, mi-am dat seama cît de imperfect trebuie să fie rezultatul unei asemenea încercări. Căci oricît ar fi de scurtă și de limitată o viață de muncă și oricît de mult ar precumpăni în ea greșelile, nu este deloc ușor să înfățișezi ceea ce este vrednic de a fi împărtășit; omul de astăzi, la șaizeci și șapte de ani, nu este același cu cel de la cincizeci, treizeci sau douăzeci de ani. Fiecare amintire este colorată de ceea ce sîntem astăzi, așadar de o perspectivă înșelătoare [1]. O asemenea apreciere ar putea fi descurajantă. Și, totuși, cred că, din experiența proprie putem să ne alegem cu ceva ce nu este accesibil unei alte conștiințe.

Pe cînd eram încă un tînăr destul de precoce am trăit intens sentimentul zădărniciei speranțelor și străduințelor care îi gonesc în viață, fără răgaz, pe cei mai mulți dintre oameni. Am înțeles curînd și cruzimea acestei goane, care, în acei ani, era acoperită cu mai multă grijă ca acum de ipocrizie și vorbe mari. Fiecare era condamnat, prin simpla existență a burții sale, să ia parte la această goană. Burta putea fi astfel pe deplin satisfăcută, dar nu și omul, ca ființă care gîndește și simte. O primă cale de a scăpa din această situație o oferea religia, care îi era implantată fiecărui copil de mașinăria educației tradiționale. Așa am ajuns și eu

la o religiozitate profundă — deși eram copilul unor părinți complet nereligioși (evrei) — care a cunoscut însă un sfîrșit subit încă la vîrsta de doisprezece ani. Lectura cărților de popularizare a științei m-a condus curînd la convingerea că multe din cele ce se povestesc în Biblie nu pot fi adevărate. Urmarea a fost o veritabilă euforie a liberei cugetări, împinsă pînă la fanatism, unită cu impresia că tineretul este mințit cu bună știință de către stat; era o impresie zdrobitoare. Neîncrederea față de orice fel de autoritate, care a crescut din această experiență, o atitudine sceptică față de convingerile care erau vii în ambianța socială din acea vreme,nu m-au mai părăsit niciodată, chiar dacă și-au pierdut mai tîrziu din ascuțime, datorită unei mai bune înțelegeri a corelațiilor cauzale.

Îmi este clar că paradisul religios al copilăriei, pe care l-am pierdut în acest fel, a fost o primă încercare de a mă elibera de cătușele unei existențe „strict personale", ale unei existențe dominată de dorințe, speranțe și sentimente primitive. Căci există această lume mare, care este independentă de noi oamenii și stă în fața noastră ca o mare și veșnică enigmă, măcar în parte accesibilă vederii și gîndirii noastre. Contemplarea ei are efectul unei eliberări și curînd mi-am dat seama că mulți dintre oamenii pe care am învățat să-i prețuiesc și să-i admir și-au găsit libertatea și siguranța interioară dăruindu-se pe de-a-ntregul cercetării ei. Cuprinderea prin gîndire a acestei lumi extrapersonale [2], în cadrul posibilităților ce ne stau la îndemînă, mi-a apărut, pe jumătate conștient, pe jumătate inconștient, drept cel mai înalt țel al vieții. Oamenii cu aceeași atitudine, din prezent și din trecut, ca și judecățile la care au ajuns ei, au fost pentru mine bucurii ce nu se pot pierde. Calea spre acest paradis nu era atît de comodă și de atrăgătoare ca și calea spre paradisul religios; dar ea s-a dovedit demnă de încredere și nu am regretat niciodată că am ales-o.

Ceea ce am spus aici este adevărat numai într-un anumit sens, tot așa cum un desen care constă din cîteva linii nu poate să reprezinte decît într-un sens restrîns un obiect complicat, caracterizat printr-o diversitate deconcertantă de detalii. Dacă unui om gîndurile bine ordonate îi produc bucurie este posibil ca această latură a ființei sale să se contureze mai puternic pe socoteala celorlalte și să influențeze astfel într-o măsură mai mare mentalitatea lui. În asemenea

cazuri, este cu putință ca acest om să vadă în retrospectivă o dezvoltare unitară și sistematică, în timp ce experiențele lui reale se desfășoară în situații particulare care au un caracter caleidoscopic. Varietatea situațiilor exterioare și îngustimea conținutului momentan al conștiinței atrag după ele un anumit fel de atomizare a vieții fiecărui om. Pentru un om ca mine punctul de cotitură al dezvoltării constă în aceea că interesul principal se desprinde treptat, într-o măsură tot mai mare, de ceea ce este momentan și strict personal și se orientează spre cuprinderea lucrurilor cu ajutorul gîndirii. Privite din acest punct de vedere, considerațiile schematice de mai sus cuprind atîta adevăr cît poate fi exprimat în atît de puține cuvinte.

Ce înseamnă de fapt „gîndire"? Atunci cînd la, recepționarea impresiilor senzoriale, iau naștere reprezentări, acestea nu sînt încă „gîndire". Dacă aceste imagini formează serii în care fiecare membru evocă un altul, nici acestea nu sînt încă „gîndire". Cînd însă o anumită imagine revine în multe asemenea șiruri, ea devine, prin însuși faptul revenirii ei, un element ordonator pentru asemenea șiruri, în măsura în care leagă între ele șiruri lipsite de continuitate. Un asemenea element devine un instrument, un concept *(Begriff)*. Consider că trecerea de la asocieri libere sau „vise" la gîndire este caracterizată prin rolul mai mult sau mai puțin dominant pe care îl joacă aici „conceptul". Nu este în sine necesar ca un concept să fie legat de un semn (cuvînt) perceptibil și reproductibil; dacă însă se întîmplă așa, gîndirea poate, datorită acestui fapt, să fie comunicată.

Cu ce drept — se va întreba acum cititorul — operează acest om într-un mod atît de nepăsător și primitiv cu idei într-un domeniu atît de problematic, fără să facă cea mai mică încercare de a dovedi ceva? Apărarea mea este: întreaga noastră gîndire e ceva de felul unui joc liber cu conceptele; îndreptățirea acestui joc constă în acea măsură a privirii de ansamblu asupra trăirilor senzoriale pe care o putem atinge cu ajutorul lui[3]. Conceptul „adevăr" nu poate fi încă aplicat unei asemenea conformații; acest concept poate fi luat în considerație, după părerea mea, numai atunci cînd există un acord (o convenție) cuprinzător cu privire la elementele și regulile jocului.

Mi se pare neîndoielnic că gîndirea noastră se desfășoară în cea mai mare parte fără aplicarea semnelor (cuvintelor) și

pe deasupra, în mare măsură, inconștient. Căci cum am putea altfel ajunge să ne „mirăm“ în mod absolut spontan de o trăire? Această „mirare“ pare să se producă atunci cînd o trăire intră în conflict cu o lume de concepte suficient de bine fixată în noi. Cînd un asemenea conflict este trăit cu putere și intens, el se răsfrînge, într-un mod hotărîtor, asupra lumii gîndirii noastre. Dezvoltarea acestei lumi a gîndirii este, într-un anumit sens, o fugă continuă din starea de „mirare“ [4].

O mirare de acest fel am trăit eu la patru sau cinci ani, cînd tatăl meu mi-a arătat o busolă. Faptul că acest ac se comporta într-un mod atît de determinat nu se potrivea deloc cu felul de evenimente care-și puteau găsi un loc în lumea inconștientă a conceptelor (a efectelor legate de „atingere“). Îmi mai amintesc și acum, sau cred că îmi amintesc, că această experiență a avut asupra mea o influență profundă și statornică. Trebuia să fie ceva dincolo de lucruri, ceva care să fie profund ascuns. Omul nu reacționează în felul acesta față de ceea ce se petrece sub ochii lui încă din copilărie; el nu se miră de căderea corpurilor, de vînt și de ploaie, de lună, nici de faptul că aceasta nu cade, nici de deosebirea dintre cele însuflețite și neînsuflețite.

La vîrsta de doisprezece ani am trăit o a doua mirare, de un fel cu totul deosebit, legată de o cărticică despre geometria plană euclidiană care mi-a căzut în mînă la începutul unui an școlar. Am întîlnit aici enunțuri, de exemplu despre intersecția celor trei înălțimi ale unui triunghi într-un punct, care, deși nu erau în sine cîtuși de puțin evidente, puteau fi demonstrate cu asemenea certitudine încît orice îndoială părea să fie exclusă. Această claritate și siguranță a făcut asupra mea o impresie ce nu poate fi descrisă. Faptul că axiomele trebuiau acceptate fără demonstrație nu m-a neliniștit. În general eram pe deplin satisfăcut cînd puteam să sprijin demonstrațiile pe propoziții a căror valabilitate nu mi se părea îndoielnică. Îmi amintesc, bunăoară, că un unchi mi-a vorbit despre teorema lui Pitagora înainte ca acea minunată cărticică de geometrie să fi ajuns în mîinile mele. Printr-un efort considerabil am reușit să „demonstrez“ această teoremă pe temeiul asemănării triunghiurilor; procedînd astfel mi s-a părut „evident“ că raporturile dintre laturile unui triunghi dreptunghiular trebuie să fie pe de-a întregul determinate de unul din unghiurile ascuțite. Doar ceea ce nu apărea ca

„evident“ într-un mod asemănător mi se părea că necesită, în genere, o demonstrație. De asemenea, obiectele de care se ocupă geometria mi s-au părut a nu fi de altă natură decît obiectele percepției senzoriale, „pe care putem să le vedem și să le atingem“. Această concepție primară, care stă și la baza cunoscutei întrebări kantiene privitoare la posibilitatea „judecăților sintetice *a priori*“, se sprijină, firește, pe faptul că relația conceptelor geometrice cu obiectele experienței (etalon rigid, linie dreaptă etc.) era în mod inconștient prezentă [5].

Dacă pare astfel posibil să obținem prin gîndire pură o cunoaștere certă despre obiectele experienței, atunci această „mirare“ se sprijină pe o eroare [6]. Dar pentru cel ce trăiește pentru prima dată așa ceva, este destul de surprinzător că omul este, în general, în stare să atingă un asemenea grad de certitudine și puritate în gîndirea pură ca acela pe care ni l-au revelat pentru prima dată Grecii în geometrie.

Odată ce m-am lăsat deja abătut pentru a întrerupe necrologul de-abia început, nu ezit să enunț aici, în cîteva propoziții, *credo*-ul meu epistemologic, cu toate că în cele de mai sus s-a mai spus, în treacăt, cîte ceva în această privință. Acest *credo* s-a conturat abia mult mai tîrziu și încet; el nu corespunde punctului de vedere pe care l-am adoptat în anii mai tineri [7].

Văd, pe de o parte, totalitatea trăirilor senzoriale, pe de altă parte, totalitatea conceptelor și enunțurilor ce sînt expuse în cărți. Relațiile dintre concepte și enunțuri sînt de natură logică, iar sarcina gîndirii logice se limitează strict la producerea conexiunilor dintre concepte și enunțuri după reguli stabilite, de care se ocupă logica. Conceptele și enunțurile capătă „sens“, adică „conținut“, numai prin relațiile lor cu trăirile senzoriale. Conexiunea acestora din urmă cu primele este pur intuitivă, cu alte cuvinte, nu este ea însăși de natură logică. Gradul de certitudine cu care poate fi asumată această relație, adică această înlănțuire intuitivă, și nu altceva, deosebește fantezia goală de „adevărul“ științific [8]. Sistemul de concepte este o creație a omului împreună cu regulile sintactice, care constituie structura sistemelor de concepte. Deși sistemele de concepte, considerate din punct de vedere logic, sînt pe de-a întregul arbitrare, ele sînt legate prin țelul de a face posibilă o coordonare

cît mai sigură (intuitivă) și completă cu totalitatea trăirilor senzoriale; în al doilea rînd, ele tind spre o cît mai mare economie în ceea ce privește elementele lor logic independente (concepte fundamentale și axiome), adică concepte nedefinite și enunțuri nederivate [10].

Un enunț este corect dacă este derivat, înăuntrul unui sistem logic, după regulile logice acceptate. Un sistem are conținut de adevăr *(Wahrheitsgehalt)* corespunzător certitudinii și completitudinii capacității sale de a se coordona cu totalitatea trăirilor senzoriale. Un enunț corect își împrumută „adevărul" din conținutul de adevăr al sistemului căruia îi aparține.

O remarcă cu privire la dezvoltarea istorică. Hume a înțeles clar că anumite noțiuni, de exemplu cea de cauzalitate, nu pot fi derivate din materialul experienței prin metode logice. Kant, pe de altă parte, pătruns de faptul că anumite noțiuni sînt indispensabile, le considera, așa cum sînt ele alese, drept premise necesare ale oricărei gîndiri și le distingea de noțiunile care au o origine empirică. Eu sînt însă convins că această distincție este greșită, adică nu răspunde într-un mod natural problemei. Toate noțiunile, chiar și cele mai apropiate de trăiri, sînt, din punct de vedere logic, postulate adoptate liber *(freie Setzungen)*, exact ca și noțiunea de cauzalitate, în legătură cu care a fost pentru prima dată pusă problema [11].

Şi acum, înapoi la necrolog. La vîrsta de 12—16 ani m-am familiarizat cu elementele matematicii, inclusiv cu principiile calculului diferențial și integral. În această privință am avut norocul să dau peste cărți în care nu se exagera cu stringența logică, în schimb, ideile principale erau evidențiate sistematic. Această ocupație a fost, în ansamblu, într-adevăr fascinantă; în ea existau culmi care se puteau compara foarte bine, din punctul de vedere al impresiei pe care au făcut-o asupra mea, cu geometria elementară: ideile fundamentale ale geometriei analitice, seriile infinite, noțiunile de diferențială și integrală. Am avut de asemenea norocul să iau cunoștință de rezultatele și metodele esențiale ale științelor naturii, în întregul lor, într-o excelentă expunere populară care se limita aproape în întregime la aspectele calitative, cărțile populare de știință a naturii ale lui Bernstein, o lucrare în cinci sau șase volume, pe care am citit-o pe nerăsuflate. Studiasem deja și ceva fizică

teoretică cînd am intrat, la șaptesprezece ani, în Institutul Politehnic din Zürich, ca student la matematică și fizică.

Acolo am avut profesori extraordinari, de exemplu Hurwitz, Minkowski, astfel încît aș fi putut realmente să-mi formez o cultură matematică profundă. Eu lucram însă majoritatea timpului în laboratorul de fizică, fascinat de contactul direct cu experiența. Restul timpului îl foloseam în primul rînd pentru a studia acasă lucrările lui Kirchhoff, Helmholtz, Hertz ș.a. Dacă am neglijat într-o anumită măsură matematica, aceasta se datora nu numai faptului că mă interesau mai mult științele naturii decît matematica, ci și următoarei experiențe mai deosebite: mi-am dat seama că matematica se compunea din multe domenii speciale, fiecare din ele putînd să ne ceară această scurtă viață care ne-a fost hărăzită. M-am văzut astfel în situația măgarului lui Buridan, care nu se putea hotărî pentru o anumită căpiță de fîn. Aceasta se datora evident faptului că intuiția mea în domeniul matematicii nu era destul de puternică pentru a-mi permite să disting în mod sigur ceea ce era fundamental important, de bază, de restul erudiției care era mai mult sau mai puțin de prisos. În afară de aceasta, și interesul meu pentru cunoașterea naturii era necondiționat mai mare. Și nu mi-a fost clar, pe cînd eram încă student, că accesul la principii mai profunde ale cunoașterii fizice se lega de stăpînirea celor mai complicate metode matematice. Am început să pricep acest lucru abia treptat, după ani de muncă științifică independentă [12]. Desigur, fizica era și ea împărțită în domenii speciale, dintre care fiecare putea să înghită o viață scurtă de muncă fără ca setea de cunoaștere mai profundă să fie astîmpărată. Masa faptelor experimentale, insuficient legate între ele, era și aici copleșitoare. Am învățat însă curînd să dau de urma căii care putea duce spre profunzimi, lăsînd la o parte restul, multitudinea de lucruri care umplu spiritul și îl abat de la ceea ce este esențial. Partea proastă era desigur că, pentru examene, toate acestea trebuiau să fie înghițite, de voie sau de nevoie. Această constrîngere a avut un efect atît de descurajator încît, după examenul final, interesul pentru probleme științifice mi-a pierit pentru un an întreg. La aceasta trebuie să adaug că noi în Elveția am avut mai puțin de suferit decît în multe alte locuri de pe urma acestei constrîngeri care înăbușe adevăratul instinct științific.

Nu erau, în total, decît două examene: în rest puteai să-ți folosești timpul cum credeai de cuviință. Așa se întîmpla îndeosebi atunci cînd aveai, cum am avut eu, un prieten bun care frecventa cu regularitate prelegerile și prelucra conștiincios conținutul acestora [13]. Mi se oferea astfel libertate în alegerea ocupațiilor pînă la puține luni înaintea examenului, o libertate de care m-am bucurat din plin, acceptînd cu plăcere, ca pe răul de departe cel mai mic, remușcările ce o însoțeau. Este pur și simplu un miracol că metodele moderne de învățămînt nu au sugrumat încă pe de-a-ntregul curiozitatea sfîntă a cercetării; căci această plantă firavă cere, în afară de încurajare, în primul rînd libertate; fără aceasta, ea piere negreșit. Este o mare greșeală să se creadă că bucuria de a privi și de a căuta poate fi stimulată prin constrîngere și prin apel la simțul datoriei. Îmi închipui că pînă și un animal de pradă sănătos ar putea fi lecuit de lăcomie, dacă ar fi silit, cu ajutorul biciului, să mănînce în continuare cînd nu îi mai este foame, în special dacă hrana care i se oferă în aceste condiții de constrîngere ar fi aleasă în mod corespunzător.

Acum despre fizică, așa cum se prezenta ea în acea vreme. În ciuda fertilității ei în detalii, în aspectele principiale domina rigiditatea dogmatică. La început (dacă a existat așa ceva), Dumnezeu a creat legile mișcării ale lui Newton, împreună cu masele și forțele necesare. Aceasta este totul; restul rezultă prin deducție, datorită dezvoltării unor metode matematice adecvate[14]. Ceea ce a realizat secolul al XIX-lea, sprijinindu-se pe această bază, mai ales prin aplicarea ecuațiilor cu derivate parțiale, trebuia să trezească admirația oricărui om receptiv. Newton a fost probabil primul care a scos în evidență posibilitățile ecuațiilor cu derivate parțiale în teoria lui asupra propagării sunetului. Deja Euler a creat fundamentul hidrodinamicii. Dar desăvîrșirea pînă în detalii a construcției mecanicii maselor discrete, ca bază a întregii fizici, a fost opera secolului al XIX-lea. Cercetătorii au fost mai puțin impresionați de desăvîrșirea tehnică a mecanicii și rezolvarea problemelor mai complicate, cît de realizările mecanicii în domenii care, la prima vedere, nu aveau nimic de a face cu mecanica: teoria mecanică a luminii, care concepea lumina ca mișcare ondulatorie a unui eter elastic cvasirigid, și, înainte de toate, teoria cinetică a gazelor: independența căldurii specifice

a gazelor constituite dintr-un singur fel de atomi în raport cu greutatea atomică, derivarea ecuației de stare a gazului și relația ei cu căldura specifică, teoria cinetică a disocierii gazelor, și, mai ales, corelația cantitativă dintre vîscozitatea, conductibilitatea termică și difuziunea gazelor, care furniza și mărimea absolută a atomilor. Aceste rezultate susțineau totodată mecanica drept bază a fizicii și a ipotezei atomice, cea din urmă fiind deja bine ancorată în chimie. În chimie numai raporturile dintre atomi jucau un rol, nu și mărimea lor absolută, așa că teoria atomică putea fi considerată aici mai mult ca o imagine intuitivă decît drept o cunoaștere despre constituția reală a substanței. Făcînd abstracție de aceasta, de un mare interes era și faptul că teoria statistică a mecanicii clasice a fost în stare să deducă legile fundamentale ale termodinamicii, ceea ce, în esență, realizase deja Boltzmann.

Iată de ce nu trebuie să ne mirăm că, putem spune, toți fizicienii ultimului secol au văzut în mecanica clasică o temelie solidă și definitivă a întregii fizici, ba chiar a întregii științe a naturii, și că nu și-au cruțat puterile încercînd să întemeieze pe mecanică pînă și teoria electromagnetică a lui Maxwell, care se impunea între timp încetul cu încetul. Maxwell și H. Hertz, care, priviți retrospectiv, ne apar pe bună dreptate, ca cei care au zdruncinat încrederea în mecanică ca bază definitivă a întregii gîndiri fizice, s-au cramponat și ei, în gîndirea lor conștientă, de mecanică, ca bază asigurată a fizicii. Ernst Mach a fost acela care în *Istoria mecanicii*, a zguduit această credință dogmatică; tocmai din acest punct de vedere, cartea lui a avut asupra mea, pe vremea cînd eram student. o influență profundă. Adevărata măreție a lui Mach eu o văd în scepticismul și independența lui de neclintit; în tinerețe m-a impresionat puternic și poziția sa epistemologică, care îmi apare însă astăzi ca fiind în principiu de nesusținut. Anume, el nu a pus just în lumină natura, în esența ei, constructivă și speculativă a oricărei gîndiri, îndeosebi a gîndirii științifice; ca urmare, el a respins teoria tocmai în acele domenii în care caracterul ei constructiv-speculativ iese cel mai bine în evidență, de exemplu, în teoria cinetică moleculară[15].

Înainte de a trece la o critică a mecanicii ca bază a fizicii, trebuie spus ceva de ordin general cu privire la punctele de vedere din care pot fi criticate, în principiu, teoriile fizice.

Primul punct de vedere este evident: teoria nu are voie să contrazică faptele experienței. Pe cît de vădită apare la prima vedere această cerință, pe atît de subtil se structurează ea în aplicare. Astfel, putem deseori, poate chiar întotdeauna, să menținem o temelie teoretică generală în măsura în care facem posibilă adaptarea ei la fapte prin ipoteze suplimentare, introduse în mod artificial. În orice caz, acest prim punct de vedere privește confirmarea bazei teoretice de către un material empiric disponibil.

Al doilea punct de vedere nu privește relația cu materialul de observație, ci premisele teoriei înseși, ceea ce desemnăm pe scurt, dar vag, ca „naturalețe" („*Natürlichkeit*") sau „simplitatea logică" a premiselor (a conceptelor fundamentale și a relațiilor dintre acestea, care sînt luate ca punct de plecare). Acest punct de vedere, a cărui formulare exactă se lovește de mari dificultăți, a jucat dintotdeauna un rol important în alegerea și evaluarea teoriilor. Aici este vorba pur și simplu de un fel de enumerare a premiselor logic independente (presupunînd că aceasta ar putea fi în genere realizată într-un mod univoc), ci de un fel de evaluare reciprocă a unor calități incomensurabile. Dintre teoriile cu o bază la fel de simplă, superioară va trebui considerată, în cele din urmă, aceea care limitează în modul cel mai strict calitățile în sine posibile ale sistemelor (adică conține cerințele cele mai precise)[16]. Despre „domeniul" teoriilor nu trebuie să spun aici nimic, deoarece noi ne limităm la teoriile ale căror obiect îl constituie *totalitatea* fenomenelor fizice. Al doilea punct de vedere ar putea fi caracterizat pe scurt ca cel ce privește „perfecțiunea internă" (*innere Vollkommenheit*) a teoriei, în timp ce primul punct de vedere se referă la „confirmarea externă". De „perfecțiunea internă" a unei teorii ține, cred eu, și următorul fapt: prețuim mai mult o teorie dacă ea nu este din punct de vedere logic rezultatul unei alegeri arbitrare, între teorii de valoare egală și construite analog.

Nu voi încerca să scuz prin lipsa de spațiu tipografic insuficienta precizie a enunțurilor ce sînt conținute în ultimele două alineate; dimpotrivă, recunosc că nu prea sînt capabil, sau poate nu sînt deloc să înlocuiesc aceste indicații prin definiții mai precise. Cred totuși că ar fi posibilă o formulare mai precisă. În orice caz, se poate constata că între „auguri" există de cele mai multe ori un acord

în ceea ce privește aprecierea „perfecțiunii interne“ a teoriilor și tocmai de aceea asupra gradului „confirmării externe“.

Și acum despre critica mecanicii ca bază a fizicii.

Din primul punct de vedere (confirmarea prin fapte), încorporarea opticii ondulatorii în imaginea mecanică a lumii trebuia să trezească îndoieli serioase. Dacă urma ca lumina să fie concepută ca mișcare ondulatorie într-un corp elastic (eterul), atunci acesta trebuia să fie un mediu care pătrunde totul; ținînd seama de transversalitatea undelor luminoase, el trebuia să semene în ceea ce este esențial cu un corp solid, dar incompresibil, astfel încît să nu existe unde longitudinale. Acest eter trebuia să ducă o existență fantomatică alături de restul materiei în măsura în care nu părea să opună nici o rezistență față de mișcarea corpurilor „ponderabile“. Pentru a explica indicele de refracție al corpurilor transparente, ca și procesele de emisie și absorbție a radiației, trebuia să presupunem existența unor interacțiuni complicate între cele două tipuri de materie, ceea ce nici măcar nu s-a încercat în mod serios, pentru a nu mai vorbi de realizarea a așa ceva.

În plus, forțele electromagnetice cereau introducerea unor mase electrice, care, deși nu posedau o inerție demnă de luat în seamă, exercitau acțiuni reciproce unele asupra celorlalte, și anume, în opoziție cu forțele gravitaționale, acțiuni de tip polar.

Ceea ce i-a determinat pe fizicieni, după multe ezitări, să părăsească credința în posibilitatea întemeierii întregii fizici pe mecanica lui Newton a fost electrodinamica lui Faraday-Maxwell. Această teorie precum și confirmarea ei prin experimentele lui Hertz au arătat că există procese electromagnetice care prin esența lor sînt desprinse de orice materie ponderală, și anume undele în spațiul gol care constau din „cîmpuri“ electromagnetice. Dacă se voia menținerea mecanicii ca bază a fizicii, atunci ecuațiile lui Maxwell trebuiau să fie interpretate mecanic. În timp ce se lucra cu multă rîvnă, dar fără succes în această direcție, ecuațiile își dovedeau în măsură tot mai mare fertilitatea. Cu timpul, oamenii s-au obișnuit să opereze cu aceste cîmpuri ca entități independente fără să mai considere necesară justificarea naturii lor mecanice; astfel ideea mecanicii ca bază a fizicii a fost părăsită aproape pe neobservate, fiindcă punerea ei de acord cu faptele s-a dovedit a fi, în cele din urmă, lipsită de orice

perspective. De atunci există două tipuri de elemente conceptuale: pe de o parte, puncte materiale cu forțe care acționează la distanță între ele, pe de altă parte, cîmpul continuu. Este o stare intermediară a fizicii, fără o bază unitară pentru întreg, care, deși nesatisfăcătoare, este încă departe de a fi depășită[17].

Și acum cîteva observații cu privire la critica mecanicii ca bază a fizicii din al doilea punct de vedere, punctul de vedere intern. În actualul stadiu de dezvoltare a științei, adică după abandonarea ideii fundamentului mecanic, această critică prezintă doar un interes metodologic. Ea este însă foarte potrivită pentru a pune în evidență un mod de a argumenta care în viitor va trebui să joace un rol cu atît mai mare în alegerea teoriilor cu cît conceptele de bază și axiomele se îndepărtează mai mult de ceea ce este direct perceptibil, astfel încît confruntarea implicațiilor teoriei cu faptele va deveni tot mai anevoioasă și va cere tot mai mult timp. Aici trebuie pomenit în primul rînd argumentul lui Mach, care de altfel a fost recunoscut fără echivoc încă de către Newton (experimentul cu vasul)[18].

Din punctul de vedere al descrierii pur geometrice, toate sistemele de coordonate „rigide" sînt, logic echivalente unele în raport cu celelalte. Ecuațiile mecanicii (de exemplu legea inerției) pretind valabilitate numai față de o anumită clasă a acestor sisteme și anume față de „sistemele inerțiale". Sistemul de coordonate, ca obiect corporal, este, aici, fără importanță. Pentru a justifica necesitatea acestei alegeri trebuie căutat ceva în afara obiectelor (mase, distanțe), cu care se ocupă teoria. De aceea, Newton a introdus cît se poate de explicit, în calitate de factor cauzal determinant, „spațiul absolut", ca participant activ, prezent în toate procesele mecanice; prin „absolut" el înțelege, evident, neinfluențat de mase și de mișcările lor. Ceea ce făcea ca situația să apară deosebit de neplăcută era faptul că trebuia să existe infinit de multe sisteme inerțiale în mișcare uniformă unele în raport cu altele și libere de efecte de rotație, sisteme care trebuiau să fie distinse în raport cu toate celelalte sisteme rigide.

Mach presupunea că într-o teorie cu adevărat rațională inerția, la fel ca și celelalte forțe la Newton, trebuia să se bazeze pe interacțiunea maselor, o concepție pe care am considerat-o mult timp ca fiind, în principiu, concepția justă. Ea pre-

supunea însă implicit că teoria fundamentală trebuie să fie una de tipul general al mecanicii lui Newton; conceptele ei inițiale trebuie să fie masele și interacțiunile dintre ele. O asemenea încercare de rezolvare nu își are însă locul într-o teorie consecventă a cîmpului, cum se va vedea de îndată.

Cît de întemeiată este însă în sine critica lui Mach se poate observa deosebit de clar din următoarea analogie. Să ne închipuim că oamenii care formulează o teorie mecanică nu cunosc decît o mică parte din suprafața Pămîntului și nu pot percepe stelele. Ei vor fi înclinați să atribuie dimensiunii verticale a spațiului proprietăți fizice deosebite (direcția accelerației corpurilor în cădere) și să argumenteze, sprijinindu-se pe această bază conceptuală, că Pămîntul este în mai multe locuri orizontal. Ei nu vor fi dispuși să se lase influențați de argumentul că, sub raportul proprietăților geometrice, spațiul este izotrop și că, din acest motiv, este nesatisfăcător să formulăm legi fizice potrivit cărora trebuie să existe o direcție privilegiată; ei vor fi probabil înclinați (ca și Newton) să declare că verticala are o valoare absolută, că aceasta o dovedește însăși experiența și că trebuie să ne împăcăm cu acest fapt. Privilegierea verticalei în raport cu toate celelalte direcții spațiale este strict analogă cu privilegierea sistemelor inerțiale în raport cu alte sisteme de coordonate rigide.

Să examinăm acum alte argumente care se referă tot la simplitatea internă, respectiv la naturalețea mecanicii. Dacă preluăm, fără nici o îndoială critică, conceptele de spațiu (inclusiv geometria) și de timp, nu există în sine nici un temei pentru a obiecta împotriva punerii la bază a acțiunilor la distanță, chiar dacă un asemenea concept nu se potrivește cu acele idei care sînt constituite pe baza experienței brute a vieții de fiecare zi. În schimb, există o altă reflecție care face ca ideea după care mecanica este baza fizicii să ne apară drept primitivă. Există în esență două legi:

1) legea mișcării

2) expresia pentru forță sau energie potențială.

Legea mișcării este precisă, dar lipsită de conținut atît timp cît nu este dată expresia pentru forțe. În postularea celei din urmă există însă mai mult loc pentru arbitrar, îndeosebi dacă se renunță la cerința, care nu este în sine naturală,

că forțele depind numai de coordonate (și nu, de exemplu, de derivatele lor în raport cu timpul). În cadrul teoriei este pe de-a întregul arbitrar că forțele de gravitație (și electrice), care emană dintr-un punct, sînt guvernate de funcția potențială (1/r). O remarcă suplimentară: se știe deja de mult că această funcție reprezintă soluția cu simetrie sferică a celei mai simple ecuații diferențiale $\Delta\varphi = 0$ (invarianță față de rotații); ar fi fost deci firesc ca acest fapt să fie considerat drept un indiciu că respectiva funcție trebuie privită ca fiind determinată de o lege a spațiului, care ar fi eliminat arbitrarul în alegerea legii energiei. Aceasta este de fapt primul indiciu care recomandă renunțarea la teoria forțelor care acționează la distanță, o dezvoltare inițiată de Faraday, Maxwell și Hertz, dar care se instituie abia mai tîrziu sub presiunea exterioară a experienței.

Aș dori să menționez, de asemenea, drept o nesimetrie internă a teoriei, că masa inertă care intervine în legea mișcării, intervine și în expresia forței gravitației, dar nu în expresia celorlalte forțe. În sfîrșit, aș dori să atrag atenția asupra faptului că diviziunea energiei în două părți esențial distincte, energie cinetică și energie potențială, trebuie să apară ca lipsită de naturalețe. Pentru H. Hertz acest fapt a fost atît de stînjenitor, încît el a încercat, în ultima lui lucrare, să elibereze mecanica de conceptul de energie potențială (adică de conceptul de forță).

Dar destul despre acestea. Iartă-mă, Newton; tu ai găsit singurul drum care mai era încă posibil în vremea ta pentru un om cu cea mai înaltă capacitate de gîndire și de creație. Conceptele pe care le-ai creat ne călăuzesc și astăzi în gîndirea noastră fizică, deși acum știm că ele trebuie înlocuite cu altele, care sînt situate mai departe de sfera experienței nemijlocite, dacă țintim spre o înțelegere mai profundă a conexiunilor[19].

„Să fie, oare, acesta un necrolog?" se poate întreba cititorul uimit. În esență da, mi-ar plăcea să răspund. Căci esențialul în existența unui om ca mine stă în *ce* și *cum* gîndește, nu în ceea ce face sau resimte. Așadar, necrologul se poate mărgini în principal la comunicarea unor gînduri care au jucat un rol considerabil în strădaniile mele. O teorie este cu atît mai impresionantă cu cît este mai mare simplitatea premiselor ei, cu cît sînt mai diferite lucrurile pe care le leagă, cu cît este mai cuprinzător domeniul ei de aplicare.

Acestui fapt i se datorește impresia profundă pe care a făcut-o asupra mea termodinamica clasică. Este singura teorie fizică cu conținut universal despre care sînt convins că, în domeniul de aplicare al conceptelor ei fundamentale, nu va fi niciodată răsturnată (în atenția deosebită a celor ce sînt din principiu sceptici)[20].

În perioada studiilor mele domeniul cel mai fascinant era teoria lui Maxwell. Ceea ce o făcea să apară drept revoluționară era tranziția de la acțiuni la distanță la cîmpuri ca mărimi fundamentale. Încorporarea opticii în teoria electromagnetismului, caracterizată prin corelarea vitezei luminii cu sistemul absolut de unități de măsură electrice și magnetice, ca și a coeficientului de refracție cu constanta dielectrică, prin relația calitativă dintre capacitatea de reflecție și conductibilitatea metalică a corpului a fost ca o revelație. Făcînd abstracție de tranziția la teoria cîmpului, adică de exprimarea legilor elementare prin ecuații diferențiale, Maxwell nu avusese nevoie decît de un singur pas ipotetic, introducerea curentului electric de deplasare în vid și în substanțele dielectrice și în efectul lor magnetic, o inovație care a fost aproape prescrisă de proprietățile formale ale ecuațiilor diferențiale. În acest context, nu pot să-mi reprim o remarcă, și anume că perechea Faraday-Maxwell prezintă o asemănare internă remarcabilă cu perechea Galilei-Newton; primul din fiecare pereche surprinde intuitiv o corelație, al doilea o formulează exact și o aplică apoi sub aspect cantitativ principal.

Ceea ce îngreuna pe atunci înțelegerea esenței teoriei electromagnetice era următoarea împrejurare caracteristică. „Intensitățile" cîmpului electric și magnetic, precum și „deplasările" au fost tratate drept mărimi la fel de elementare, spațiul gol ca un caz particular al unui corp dielectric. *Materia* apărea ca purtător *(Träger)* al cîmpului, nu *spațiul*. Prin aceasta era implicat că purtătorul cîmpului posedă o viteză, lucru care trebuia să fie valabil, firește, și pentru „vacuum" (eter). Electrodinamica corpurilor în mișcare a lui Hertz este întemeiată în întregime pe acest punct de vedere principial.

Marele merit al lui H.A. Lorentz a fost că el a realizat aici, într-un mod convingător, o schimbare. În principiu exista, după el, un cîmp numai în spațiul gol. Materia concepută atomist este singurul sediu al sarcinilor electrice;

între particulele materiale există spațiu gol, sediul cîmpului electromagnetic, care este produs prin poziția și viteza sarcinilor punctiforme localizate în particulele materiale. Dielectricitatea, conductibilitatea etc. sînt determinate exclusiv de tipul legăturii mecanice a particulelor din care constau corpurile. Sarcinile particulelor creează cîmpul care, pe de altă parte, exercită forțe asupra sarcinii particulelor, determinînd mișcarea acestora din urmă după legea mișcării formulată de Newton. Dacă comparăm această teorie cu teoria lui Newton, schimbarea constă în faptul că forțele care acționează la distanță sînt înlocuite cu cîmpul ce descrie și radiația. Dată fiind valoarea ei relativ mică, de cele mai multe ori gravitația nu mai este luată în seamă; considerarea ei era însă întotdeauna posibilă prin îmbogățirea structurii cîmpului, adică prin extinderea legii cîmpului a lui Maxwell. Fizicianul generației actuale consideră punctul de vedere la care a ajuns Lorentz ca singurul posibil; în acea vreme el a reprezentat însă un pas surprinzător și îndrăzneț, fără de care dezvoltarea ulterioară nu ar fi fost posibilă.

Dacă examinăm critic această fază a dezvoltării teoriei, ne sare în ochi dualismul care constă în aceea că punctul material conceput în sens newtonian și cîmpul gîndit drept continuu sînt utilizate unul alături de celălalt, în calitate de concepte elementare. Energia cinetică și energia cîmpului apar ca lucruri principial diferite. Această situație apare cu atît mai nesatisfăcătoare cu cît, potrivit teoriei lui Maxwell, cîmpul magnetic al unei sarcini electrice în mișcare reprezintă inerție. De ce, deci, nu *întreaga* inerție? Într-un asemenea caz, nu ar mai exista decît energia cîmpului și particula nu ar mai fi decît un domeniu de densitate deosebit de mare al energiei cîmpului. Într-un asemenea caz, s-ar putea spera derivarea conceptului de punct material, împreună cu ecuațiile de mișcare ale particulei, din ecuațiile cîmpului; dualismul stînjenitor ar fi înlăturat.

H.A. Lorentz știa foarte bine acest lucru. Totuși ecuațiile lui Maxwell nu permiteau derivarea acelui echilibru al electricității ce constituie o particulă. Numai alte ecuații, ecuațiile *neliniare* ale cîmpului, puteau eventual să realizeze așa ceva. Nu exista însă nici o metodă pentru găsirea unor asemenea ecuații ale cîmpului fără a aluneca într-un arbitrar aventuros. În orice caz, se putea crede că, mergînd

pe calea deschisă cu atîta succes de Faraday și Maxwell, se va găsi, cu timpul, o temelie nouă și sigură pentru întreaga fizică.

Revoluția începută prin introducerea cîmpului nu s-a încheiat cîtuși de puțin aici. S-a întîmplat ca, independent de cele discutate, la limita dintre cele două secole să se instaleze o a doua criză fundamentală, a cărei seriozitate a fost dintr-o dată recunoscută datorită cercetărilor lui Max Planck asupra radiației calorice (1900). Istoria acestui eveniment este cu atît mai remarcabilă cu cît, cel puțin în prima ei fază, ea nu a fost influențată de nici o descoperire surprinzătoare de natură experimentală.

Pornind de la considerații termodinamice, Kirchhoff a conchis, că densitatea energiei și compoziția spectrală a radiației într-o incintă închisă de pereți impermeabili la temperatura T sînt independente de natura pereților. Aceasta înseamnă că densitatea non-cromatică a radiației ρ este o funcție universală de frecvența ν și de temperatura absolută T. Așa a luat naștere interesanta problemă a determinării acestei funcții $\rho(\nu, T)$. Ce se putea stabili pe cale teoretică despre această funcție? Potrivit teoriei lui Maxwell radiația trebuia să exercite asupra pereților o presiune determinată de densitatea totală a energiei. De aici Boltzmann a conchis pe căi pur termodinamice că densitatea totală a energiei radiației ($\int \rho d\nu$) este proporțională cu T^4. El a găsit astfel o întemeiere teoretică unei legi descoperite empiric încă de către Stefan, adică a legat-o de fundamentul teoriei lui Maxwell. Apoi, W. Wien a descoperit printr-o ingenioasă reflecție termodinamică, care utiliza de asemenea teoria lui Maxwell, că funcția universală ρ a variabilelor ν și T trebuie să fie de forma

$$\rho \approx \nu^3 \int\left(\frac{\nu}{T}\right)$$

unde $\int(\nu/T)$ desemnează o funcție universală de o singură variabilă ν/T. Era clar că determinarea teoretică a acestei funcții universale $\int$ avea o însemnătate fundamentală și tocmai aceasta era sarcina în fața căreia stătea Planck. Măsurători scrupuloase au dus la o determinare empirică foarte exactă a funcției $\int$. Sprijinindu-se pe aceste măsurători em-

pirice, el a reușit mai întîi să găsească un enunț care redă foarte bine măsurătorile:

$$\rho = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{1}{\exp(h\nu/kT - 1)}$$

unde h și k sînt două constante universale, dintre care prima a condus la teoria cuantică. Această formulă arată oarecum ciudat din cauza numitorului. Putea ea să fie derivată teoretic? Planck a găsit într-adevăr o derivare ale cărei imperfecțiuni au rămas la început ascunse; acest din urmă fapt a fost un adevărat noroc pentru dezvoltarea fizicii. Dacă această formulă era corectă, ea permitea, cu ajutorul teoriei lui Maxwell, calcularea energiei medii E a unui oscilator cvasi-monocromatic aflat în cîmpul de radiație:

$$E = \frac{h\nu}{\exp\ (h\nu/kT) - 1}$$

Planck a preferat să încerce calculul teoretic al acestei din urmă mărimi. În această strădanie, termodinamica nu i-a fost, mai întîi, de folos și tot atît de puțin teoria lui Maxwell. Dar ceea ce apărea neobișnuit de încurajator în această formulă era următoarea împrejurare. Ea furniza pentru valori înalte ale temperaturii (pentru un ν constant) expresia:

$$E = kT.$$

Este aceeași expresie cu cea pe care o furnizează teoria cinetică a gazelor pentru energia medie a unui punct material capabil să oscileze elastic într-o dimensiune și anume ea furnizează expresia:

$$E = (R/N)\ T,$$

unde R desemnează constanta ecuației de stare a unui gaz, iar N numărul de molecule în molecula gram. Constanta exprimă mărimea absolută a atomului. Echivalarea celor două expresii furnizează

$$N = R/K.$$

Una din constantele formulei lui Planck furnizează deci în mod exact mărimea adevărată a atomului. Valoarea numerică era în acord satisfăcător cu determinarea lui N cu aju-

torul teoriei cinetice a gazelor, chiar dacă această din urmă determinare nu era prea precisă.

Acesta a fost un mare succes pe care Planck l-a recunoscut în mod clar. Lucrul avea însă un revers neconvenabil pe care Planck, din fericire, nu l-a observat de la început. Reflecția cere ca relația E = kT să fie valabilă și pentru temperaturi mici. În acest caz s-a isprăvit însă cu formula lui Planck și cu constanta h. Consecința corectă ce rezultă din teoria existentă ar fi fost deci: fie că energia cinetică medie a oscilatorului nu este furnizată corect de teoria gazelor, ceea ce ar însemna o infirmare a mecanicii (statistice), fie că energia medie a oscilatorului nu este dată corect de teoria lui Maxwell, ceea ce ar însemna o infirmare a acesteia din urmă. Așa stînd lucrurile, cel mai probabil este că ambele teorii sînt corecte numai la limită și sînt false în celelalte cazuri; aceasta și este în realitate situația, după cum vom vedea în cele ce urmează. Dacă Planck ar fi urmat însă acest raționament el nu și-ar fi realizat poate marea lui descoperire, fiindcă reflecției sale i-ar fi fost retras fundamentul.

Înapoi acum la raționamentele lui Planck. Pe baza teoriei cinetice a gazelor Boltzmann a descoperit că entropia, făcînd abstracție de un factor constant, este egală cu logaritmul „probabilității" stării avute în vedere. El a identificat astfel esența proceselor „ireversibile" în sensul termodinamicii. Considerate din punct de vedere mecanic-molecular, toate procesele sînt, dimpotrivă, reversibile. Dacă o stare definită molecular-teoretic este numită o stare descrisă microscopic sau pe scurt microstare, iar o stare descrisă în termenii termodinamicii o macrostare, atunci unei stări macroscopice îi aparțin nenumărate stări (S). S este atunci măsura probabilității unei macrostări date. Însemnătatea covîrșitoare a acestei idei apare și în faptul că aplicabilitatea ei nu este limitată la descrierea microscopică pe baza mecanicii. Planck a înțeles acest lucru și a aplicat principiul lui Boltzmann unui sistem care consta din foarte mulți rezonatori de aceeași frecvență ν. Starea macroscopică este dată de energia totală a oscilației tuturor rezonatorilor, iar microstarea prin indicarea energiei (momentane) a fiecărui rezonator individual. Pentru a putea exprima numărul microstărilor ce aparțin unei macrostări printr-un număr finit, el a împărțit energia totală într-un număr mare, dar finit, de elemente de energie (*Energie — Elementen*) ε iden-

tice și a întrebat: în cîte feluri pot fi împărțite aceste elemente de energie între rezonatori? Logaritmul acestui număr furnizează apoi entropia și cu aceasta (pe cale termodinamică) temperatura sistemului. Planck obținea acum formula pentru radiație alegîndu-și elementele de energie ε de mărimea $\varepsilon = h\nu$. Hotărîtor este aici că rezultatul este condiționat de faptul că se ia pentru ε o anumită valoare finită, adică de faptul că nu se trece la limita $\varepsilon = 0$. Această formă a raționamentului nu lasă să se înțeleagă clar că el este în contradicție cu baza mecanică și electrodinamică, pe care se sprijină, de altfel, derivarea. În realitate, derivarea presupune implicit că energia poate fi absorbită și emisă de rezonatori individuali numai în „cuante" de mărimea $h\nu$ și că deci energia unei structuri mecanice ce are capacitatea de a oscila, ca și energia radiației, pot fi transmise numai în asemenea cuante, în opoziție cu legile mecanicii și electrodinamicii. Aici contradicția cu dinamica era fundamentală, în timp ce contradicția cu electrodinamica putea să fie mai puțin fundamentală. Expresia pentru densitatea energiei radiației este, ce-i drept, *compatibilă* cu ecuațiile lui Maxwell, dar ea nu este o consecință necesară a acestor ecuații. Că această expresie furnizează importante valori medii, rezultă din faptul că legile lui Stefan-Boltzmann și Wien, care se sprijină pe ea, concordă cu experiența.

Am înțeles toate acestea la puțin timp după apariția lucrării fundamentale a lui Planck, astfel încît, fără a avea un înlocuitor pentru mecanica clasică, puteam totuși să-mi dau seama ce consecințe are această lege a radiației temperaturii pentru efectul fotoelectric și alte fenomene înrudite de transformare a energiei radiației, ca și pentru căldura specifică (mai ales) a corpurilor solide. Toate încercările mele de a adapta fundamentul teoretic al fizicii la aceste cunoștințe au eșuat însă în întregime. Era ca și cum cuiva i-ar fi fugit pămîntul de sub picioare, fără ca undeva să se întrezărească un teren solid, pe care s-ar fi putut clădi. Faptul că această temelie șubredă și contradictorie i-a fost suficientă unui om cu instinctul unic, în felul său, și cu sensibilitatea lui Bohr pentru a descoperi legile esențiale ale liniilor spectrale și ale învelișurilor electronice ale atomului, împreună cu semnificația lor pentru chimie, mi s-a părut a fi o minune și tot așa mi se pare și astăzi. Este cea mai înaltă formă a muzicalității în domeniul gîndirii [21].

În acei ani propriul meu interes era îndreptat mai puțin spre consecințele particulare ale descoperirii lui Planck, oricît de importante puteau să fie acestea. Problema mea principală era: ce consecințe generale puteau fi derivate din formula radiației în ceea ce privește structura radiației și, în genere, în ceea ce privește întemeierea fizicii pe electromagnetism? Înainte de a mă referi la aceasta, trebuie să amintesc pe scurt anumite cercetări legate de mișcarea browniană și de alte subiecte înrudite (fenomene de fluctuație) care se întemeiau în principal pe mecanica moleculară clasică. Necunoscînd cercetările lui Boltzmann și Gibbs, care apăruseră mai înainte, și care epuizaseră într-adevăr subiectul, am dezvoltat mecanica statistică și teoria cinetică-moleculară a termodinamicii, întemeiată pe prima. Scopul meu principal în aceste cercetări era să găsesc fapte care să asigure pe cît posibil existența atomilor cu mărimi finite determinate. Am descoperit astfel că, după teoria atomistă, trebuie să existe o mișcare a particulelor microscopice suspendate, accesibilă observației, fără să știu că observații asupra „mișcării browniene" erau deja de mult timp cunoscute. Cea mai simplă derivare se sprijinea pe următorul considerent. Dacă teoria cinetică-moleculară este în principiu corectă, atunci o suspensie de particule vizibile trebuie să posede același fel de presiune osmotică, care satisface legile gazelor, ca și o soluție de molecule. Această presiune osmotică depinde de mărimea reală a moleculelor, adică de numărul moleculelor într-un echivalent gram (*Gramm-Acquivalent*). Dacă soluția este de o densitate neomogenă, atunci presiunea osmotică este de asemenea neomogenă și generează o mișcare de difuziune compensatoare, care poate fi calculată pe baza mobilității cunoscute a particulelor. Acest proces de difuziune poate fi conceput, pe de altă parte, și ca rezultatul deplasării întîmplătoare, inițial necunoscută sub aspectul mărimii, a particulelor suspendate, sub acțiunea agitației termice. Prin compararea valorilor pentru curentul de difuziune, obținute prin cele două raționamente, se ajunge din punct de vedere cantitativ la legea statistică pentru aceste deplasări, adică la legea mișcării browniene. Concordanța acestor considerații cu experiența, împreună cu determinarea dată de Planck mărimilor moleculare reale pe baza legii radiației (pentru temperaturi înalte), i-a convins pe numeroșii sceptici din acea vreme (Ostwald, Mach), de realitatea ato-

milor. Aversiunea acestor cercetători față de teoria atomistă se datorează, fără îndoială, poziției lor filozofice pozitiviste. Aceasta este o ilustrare interesantă a faptului că chiar și cercetători cu spirit îndrăzneț și cu un instinct fin pot să fie împiedicați în interpretarea faptelor de prejudecăți filozofice. Prejudecata, care nu a dispărut cîtuși de puțin între timp, constă în credința că faptele pot și trebuie să furnizeze singure, fără construcții conceptuale libere, cunoaștere științifică. O asemenea eroare se datorează numai faptului că este greu să ne dăm seama că noțiuni care, prin confirmare și folosire îndelungată, par să fie legate nemijlocit de materialul empiric, sînt rezultatul unei alegeri libere [22].

Succesul teoriei mișcării browniene a arătat din nou în mod clar că mecanica clasică furnizează întotdeauna rezultate ce sînt demne de încredere cînd este aplicată unor mișcări la care derivatele temporale înalte ale vitezei sînt neglijabile. Pornind de aici, poate fi întemeiată o metodă relativ directă pentru a afla din formula lui Planck ceva despre constituția radiației. Se poate într-adevăr conchide că într-un spațiu umplut cu radiație o oglindă mișcată liber (vertical față de planul ei), care reflectă cvasi-monocromatic, trebuie să efectueze un fel de mișcare browniană a cărei energie cinetică medie este egală cu $\frac{1}{2}$ (R/N) T (R = constanta ecuației gazului pentru o moleculă gram, N = numărul moleculelor într-o moleculă gram, T = temperatura absolută). Dacă radiația nu ar fi supusă unor oscilații locale, oglinda ar ajunge treptat în repaus, fiindcă datorită mișcării ei fața reflectă mai multă radiație decît spatele ei. Oglinda trebuie însă să înregistreze anumite oscilații neregulate ale presiunii exercitate asupra ei, calculabile pe baza teoriei lui Maxwell, datorită faptului că pachetele de unde ce constituie radiația interferează unele cu altele. Calculul arată însă că aceste oscilații ale presiunii (îndeosebi în cazul unor densități mici ale radiației) nu sînt cîtuși de puțin suficiente pentru a da oglinzii energia cinetică medie $\frac{1}{2}$ (R/N) T. Pentru a ajunge la acest rezultat trebuie să presupunem mai degrabă că există un al doilea tip de oscilație a presiunii, care nu rezultă din teoria lui Maxwell, ceea ce corespunde presupunerii că energia radiației constă din cuante de energie indivizibile,

localizate punctiform, de energie $h\nu$ și de impuls $h\nu/c$ (c = viteza luminii), care sînt reflectate nedivizate. O asemenea abordare arată în mod drastic și direct că cuantelor lui Planck trebuie să li se atribuie o realitate nemijlocită, că, prin urmare, radiația trebuie să posede din punct de vedere energetic, un fel de structură moleculară, ceea ce este, firește, în contradicție cu teoria lui Maxwell. Și considerațiile asupra radiației întemeiate nemijlocit pe relația dintre entropie și probabilitate a lui Boltzmann (probabilitatea = frecvență statistică în timp) conduceau la același rezultat. Această natură dublă a radiației (și a corpusculilor materiali) este o însușire fundamentală a realității pe care mecanica cuantică a interpretat-o într-un mod ingenios și cu un succes uluitor. Această interpretare, pe care aproape toți fizicienii contemporani o consideră ca fiind în esență definitivă mi se pare doar o soluție temporară; urmează mai jos unele observații asupra acestei chestiuni.

Imediat după 1900, adică la scurt timp după lucrarea deschizătoare de drumuri a lui Planck, am ajuns, în urma unor asemenea reflecții, la concluzia că nici mecanica, nici electrodinamica nu pot pretinde o valabilitate exactă (în afara unor cazuri limită). Cu timpul, mi-am pierdut nădejdea că s-ar putea descoperi adevăratele legi prin eforturi constructive, sprijinite pe faptele cunoscute. Cu cît strădaniile mele erau mai îndelungate și mai disperate, cu atît mi se întărea mai mult convingerea că numai găsirea unui principiu formal general putea să ne conducă la rezultate sigure. Ca model mi-a servit termodinamica. Acolo, principiul general era dat în propoziția: legile naturii sînt de așa fel încît este imposibil să se construiască un *perpetuum mobile* (de speța întîi și de speța a doua) [23]. Cum putea fi găsit însă un asemenea principiu general? Un asemenea principiu a rezultat, după zece ani de reflecție, dintr-un paradox de care mă lovisem încă la vîrsta de șaisprezece ani: dacă alerg după o rază de lumină cu viteza c (viteza luminii în vid), va trebui să percep lumina ca un cîmp electromagnetic în repaus, care oscilează în spațiu. Se părea însă că așa ceva nu putea să existe, nici pe temeiul experienței, nici potrivit ecuațiilor lui Maxwell. Mi s-a părut de la început clar din punct de vedere intuitiv că judecînd de pe poziția unui asemenea observator, totul ar trebui să se desfășoare după aceleași legi ca și pentru un observator

aflat în repaus în raport cu pămîntul. Căci cum ar putea primul observator să știe, adică să constate, că este într-o stare de mișcare uniformă, rapidă?

Se poate vedea că în acest paradox este cuprins deja germenele teoriei speciale a relativității. Astăzi știm, firește, că orice încercare de a explica în mod satisfăcător acest paradox era sortită eșecului atît timp cît axioma caracterului absolut al timpului, respectiv al simultaneității, era fixată în inconștientul nostru, fără a fi recunoscută ca atare. A recunoaște în mod clar această axiomă și caracterul ei arbitrar reprezintă, de fapt, deja rezolvarea problemei. Gîndirea critică pe care o reclama descoperirea acestui punct central a fost, în cazul meu, stimulată în mod decisiv, în special de lectura lucrărilor filosofice ale lui David Hume și Ernst Mach [24].

Trebuia să ne clarificăm asupra a ceea ce înseamnă coordonatele spațiale și durata temporală ale unui eveniment în fizică. Interpretarea fizică a coordonatelor spațiale presupunea un corp de referință rigid care, în plus, trebuia să se afle într-o stare de mișcare mai mult sau mai puțin determinată (sistem inerțial). În raport cu un sistem inerțial dat, coordonatele sînt rezultate ale unor măsurători determinate, făcute cu etaloane rigide (staționare). (Trebuie să fim totdeauna conștienți că presupunerea existenței principiale a unor etaloane rigide este o supoziție ușor de înțeles printr-o experiență aproximativă, dar în ea rămîne în esență arbitrară). Pentru o asemenea interpretare a coordonatelor spațiale problema valabilității geometriei euclidiene devine o problemă fizică.

Dacă încercăm, acum, să interpretăm în mod asemănător timpul unui eveniment, avem nevoie de un mijloc de măsurare a intervalului temporal (un proces periodic, determinat în sine, realizat printr-un sistem de dimensiuni spațiale suficient de mici). Un ceasornic aflat în repaus în raport cu sistemul inerțial definește un timp local. Timpurile locale ale tuturor punctelor spațiale, luate împreună, reprezintă „timpul“, care aparține sistemului inerțial ales, dacă s-a mai dat și un mijloc pentru a „regla“ aceste ceasornice unele în raport cu celelalte. Se vede că nu este cîtuși de puțin necesar *a priori*, ca „timpurile“ diferitelor sisteme inerțiale, definite în acest fel, să fie în concordanță unele cu celelalte. Acest lucru ar fi fost de mult observat, dacă pentru experiența

practică de toate zilele lumina nu ar fi apărut (datorită valorii înalte a lui c) ca mijloc pentru constatarea unei simultaneități absolute.

Presupozițiile cu privire la existența (principială) a unor etaloane și ceasornice (ideale, adică perfecte) nu sînt independente una față de cealaltă; căci un semnal luminos, care este reflectat înainte și înapoi, de la un capăt la celălalt capăt al unui etalon rigid, reprezintă un ceasornic ideal, dacă admitem că presupoziția cu privire la constanța vitezei luminii în vid nu duce la contradicții.

Paradoxul de mai sus poate fi formulat acum după cum urmează. Potrivit regulilor de corelare a coordonatelor spațiale și a timpului evenimentelor în trecerea de la un sistem inerțial la altul, utilizate în fizica clasică, cele două presupuneri

1) constanța vitezei luminii,

2) independența legilor (așadar, în special, și a legii constanței vitezei luminii) de alegerea sistemului inerțial (principiul relativității speciale)

sînt incompatibile una cu cealaltă (deși fiecare dintre ele, în mod separat, este sprijinită de experiență).

Ideea care stă la temelia teoriei speciale a relativității este: presupunerile 1) și 2) sînt compatibile una cu alta dacă pentru recalcularea coordonatelor și a timpurilor evenimentelor sînt adoptate relații de un tip nou („transformări Lorentz"). În cazul interpretării fizice date a coordonatelor și timpului, aceasta nu înseamnă un pas pur și simplu convențional, ci implică anumite ipoteze despre comportarea reală a etaloanelor în mișcare și a ceasornicelor care pot fi confirmate, respectiv infirmate, prin experiment.

Principiul general al teoriei speciale a relativității este cuprins în postulatul: legile fizicii sînt invariante în raport cu transformările Lorentz (pentru trecerea de la un sistem inerțial la oricare alt sistem inerțial). Acesta este un principiu restrictiv pentru legile naturii, comparabil cu principiul restrictiv despre inexistența unui *perpetuum mobile*, ce stă la temelia termodinamicii.

Mai întîi, o observație cu privire la relația teoriei cu „spațiul cvadridimensional". Este o eroare răspîndită că teoria specială a relativității ar fi descoperit oarecum sau ar fi introdus pentru prima dată caracterul cvadridimensional

al continuului fizic. Firește, nu acesta este cazul. Continuul cvadridimensional al spațiului și timpului stă și la temelia mecanicii clasice. Doar că în continuul cvadridimensional al fizicii clasice „secțiunile de timp" cu valori constante au o realitate absolută, adică independentă de alegerea sistemului de referință. Datorită acestui fapt, continuul cvadridimensional se descompune în mod firesc într-un continuu tridimensional și unul unidimensional (timpul), astfel încît punctul de vedere cvadridimensional nu se impune ca *necesar*. Teoria specială a relativității creează, dimpotrivă, o dependență formală între felul în care trebuie să fie introduse în legile naturii coordonatele spațiale, pe de o parte, și coordonata temporală, pe de altă parte.

Contribuția importantă a lui Minkowski la dezvoltarea teoriei constă în următoarele: înaintea cercetărilor lui Minkowski o lege trebuia să fie supusă unei transformări Lorentz pentru a se controla invarianța ei în raport cu asemenea transformări; Minkowski a reușit să introducă un asemenea formalism încît forma matematică a legii însăși garantează invarianța ei în raport cu transformările Lorentz. Prin crearea unui calcul tensorial cvadridimensional pentru spațiul cu patru dimensiuni el a realizat ceea ce realizează calculul vectorial obișnuit pentru cele trei dimensiuni spațiale. El a arătat, de asemenea, că transformările Lorentz (făcînd abstracție de un semn algebric diferit, datorat caracterului special al timpului) nu sînt altceva decît o rotație a sistemului de coordonate în spațiul cvadridimensional.

Mai întîi o observație critică cu privire la teorie, așa cum este ea caracterizată mai sus. Atrage atenția că teoria introduce două feluri de entități fizice (în afară de spațiul cvadridimensional) și anume 1) etaloane și ceasornice, 2) tot felul de alte lucruri, de exemplu, cîmpul electromagnetic, punctul material etc. Aceasta este, într-un anumit sens, o inconsecvență; etaloanele și ceasornicele ar fi trebuit, de fapt, să fie prezentate ca soluții ale ecuațiilor fundamentale (obiecte constînd din configurații atomice în mișcare), nu ca entități într-o anumită măsură independente din punct de vedere teoretic. Demersul se justifică totuși fiindcă de la început a fost clar că postulatele teoriei nu au suficientă forță pentru a permite derivarea unor ecuații suficient de

complete pentru evenimente fizice suficient de nearbitrare, astfel încît, pe o asemenea bază, să se poată întemeia o teorie a etaloanelor și a ceasornicelor. Dacă nu dorim să renunțăm la o interpretare fizică a coordonatelor (ceea ce în sine ar fi fost posibil), este mai bine să tolerăm o asemenea inconsecvență, bineînțeles cu obligația de a o elimina într-un stadiu ulterior al dezvoltării teoriei. Nu trebuie însă să mergem atît de departe cu legitimarea păcatului amintit încît să ne închipuim că intervalele sînt entități fizice de un fel special, deosebite în esență de celelalte mărimi fizice („reducerea fizicii la geometrie“ etc.). Ne întrebăm acum care sînt rezultatele cu caracter definitiv pe care fizica le datorează teoriei speciale a relativității.

1) Nu există simultaneitate a evenimentelor depărtate; nu există, prin urmare, nici o acțiune nemijlocită la distanță în sensul mecanicii newtoniene. Introducerea unor acțiuni la distanță, care se propagă cu viteza luminii, rămîne ce-i drept posibilă după această teorie, ea apare însă ca nefirească; într-o asemenea teorie nu ar putea exista o expresie rațională pentru principiul energiei. Pare de aceea inevitabil ca realitatea fizică să trebuiască descrisă prin funcții spațiale continue. De aceea punctul material ar putea fi acceptat cu greu în calitate de concept fundamental al teoriei.

2) Principiile conservării impulsului și conservării energiei se vor contopi într-un singur principiu. Masa inertă a unui sistem închis este identică cu energia lui, astfel că masa, în calitate de concept independent, este eliminată.

Observație. Viteza luminii c este una din mărimile care intervin în ecuațiile fizice în calitate de „constantă universală“. Dacă introducem însă, ca unitate de timp, în locul secundei, timpul în care lumina parcurge 1 cm, atunci c nu mai intervine în ecuații. Se poate spune, în acest sens, că constanta c este doar o constantă universală *aparentă*.

Este evident și general acceptat că, prin aceasta, putem elimina din fizică încă două alte constante universale introducînd în locul gramului și centimetrului unități „naturale“, alese în mod corespunzător (de exemplu, masa și raza electronului).

Dacă considerăm acestea ca realizate, atunci în ecuațiile fundamentale ale fizicii vor putea interveni numai constante

„adimensionale". Legat de acestea, aş dori să formulez un principiu, care nu poate fi întemeiat provizoriu, pe nimic altceva decît pe încrederea în simplitatea, respectiv în inteligibilitatea naturii: nu există asemenea constante *arbitrare*; aceasta înseamnă că natura este alcătuită în aşa fel încît e logic posibil să se formuleze pentru ca legi atît de puternic determinate încît în ele să intervină numai constante pe deplin determinate din punct de vedere raţional (deci nu constante ale căror valori numerice pot fi schimbate fără a distruge teoria) [25].

Teoria specială a relativităţii îşi datoreşte apariţia ecuaţiilor lui Maxwell pentru cîmpul electromagnetic. La rîndul lor, acestea din urmă vor fi înţelese în mod satisfăcător din punct de vedere formal numai datorită teoriei speciale a relativităţii. Ecuaţiile lui Maxwell sînt cele mai simple ecuaţii de cîmp invariante faţă de transformările Lorentz care pot fi formulate pentru un tensor antisimetric, derivat dintr-un cîmp vectorial. Aceasta ar fi o situaţie în sine satisfăcătoare, dacă nu am şti din fenomenele cuantice că teoria lui Maxwell nu dă socoteală de proprietăţile energetice ale radiaţiei. În ce fel ar trebui însă modificată într-un mod natural teoria lui Maxwell, pentru aceasta teoria specială a relativităţii nu oferă un punct de plecare mulţumitor. Această teorie nu oferă răspuns nici la întrebarea formulată de Mach: „cum se întîmplă că sistemele inerţiale sînt distinse fizic în raport cu celelalte sisteme de coordonate?"

Faptul că teoria specială a relativităţii nu constituie decît primul pas într-o dezvoltare necesară mi-a devenit pe deplin clar abia cînd m-am străduit să reprezint gravitaţia în cadrul acestei teorii. În mecanica clasică, interpretată în termeni de cîmp, potenţialul gravitaţiei apare ca un cîmp *scalar* (cea mai simplă posibilitate teoretică a unui cîmp cu o singură componentă). O asemenea teorie scalară a cîmpului gravitaţional poate, mai întîi, să fie făcută cu uşurinţă invariantă în raport cu grupul transformărilor Lorentz. Următorul program apare, prin urmare, ca natural: cîmpul fizic total constă dintr-un cîmp scalar (gravitaţie) şi un cîmp de vectori (cîmp electromagnetic); consideraţii ulterioare pot eventual să facă necesară introducerea unor tipuri mai complicate de cîmp, dar nu trebuie să ne batem capul de la început cu aceasta.

Posibilitatea realizării acestui program a fost însă din capul locului îndoielnică, fiindcă teoria trebuia să unifice următoarele lucruri:

1) Din considerațiile generale ale teoriei speciale a relativității decurge clar că masa *inertă* a unui sistem fizic crește o dată cu energia totală (așadar, de exemplu, cu energia cinetică).

2) Din experimente foarte precise (îndeosebi din experimentele cu balanța de torsiune Eötvös) se știa empiric cu o foarte mare precizie că masa *grea* a unui corp este strict egală cu masa lui *inertă*.

Din 1) și 2) rezulta că *greutatea* unui sistem depinde într-un fel cunoscut cu precizie, de energia lui totală. Dacă teoria nu dădea acest rezultat sau nu îl dădea într-un mod firesc ea trebuia respinsă. Condiția poate fi exprimată în modul cel mai natural astfel: accelerația de cădere a unui sistem într-un cîmp gravitațional dat este independentă de natura sistemului care cade (cu deosebire, așadar, de energia lui internă).

A reieșit însă că în cadrul programului schițat aceste stări de lucruri elementare nu pot fi în general prezentate sau, în orice caz, nu pot fi prezentate într-un mod natural. M-am convins astfel că, în teoria specială a relativității, nu există loc pentru o teorie satisfăcătoare a gravitației.

Atunci mi-a venit ideea: faptul egalității masei inerte și grele, respectiv al independenței accelerației de cădere de natura substanței care cade poate fi exprimat astfel: într-un cîmp gravitațional (de o extensiune spațială mică) lucrurile se petrec la fel ca și într-un spațiu lipsit de gravitație, dacă introducem în acesta, în locul unui „sistem inerțial“, un sistem de referință care este accelerat în raport cu un sistem inerțial.

Dacă concepem comportarea corpurilor în raport cu ultimul sistem de referință ca fiind condiționată de un cîmp gravitațional „real“ (nu numai aparent), atunci pe bună dreptate putem considera acest sistem de referință ca un „sistem inerțial“ la fel ca și sistemul de referință inițial.

Dacă considerăm drept posibile cîmpuri gravitaționale cît de întinse, care nu sînt restrînse de la început de limite spațiale, conceptul de sistem inerțial își pierde complet conținutul. În acest caz conceptul de „accelerație în raport cu

spațiul“ nu va mai avea nici o semnificație și, o dată cu el, nici principiul inerției împreună cu paradoxul lui Mach.

Astfel, faptul egalității masei inerte și masei grele conduce absolut firesc la concepția că cerința de bază a teoriei speciale a relativității (invarianța legilor față de transformările Lorentz) este prea îngustă, adică trebuie să se postuleze o invarianță a legilor și în raport cu transformări *neliniare* ale coordonatelor în continuul cvadridimensional.

Aceasta s-a întîmplat în 1908. De ce mi-au mai trebuit încă șapte ani pentru formularea teoriei generale a relativității? Motivul principal rezidă în faptul că nu este așa de ușor să te eliberezi de concepția că coordonatelor trebuie să li se acorde o semnificație metrică nemijlocită. Transformarea a avut loc aproximativ în felul următor.

Pornim de la un spațiu gol, lipsit de cîmp — raportat la un sistem de referință — în sensul teoriei speciale a relativității, așa cum intervine el ca starea cea mai simplă din toate stările fizice ce pot fi gîndite. Să ne imaginăm acum un sistem neinerțial, introdus astfel încît noul sistem să fie accelerat uniform într-o direcție (definită adecvat) în raport cu sistemul inerțial (într-o descriere tridimensională); în raport cu acest sistem există un cîmp gravitațional static paralel. Sistem de referință poate fi ales astfel unul rigid, de tip euclidian, în relații metrice tridimensionale. Dar acel timp în care cîmpul apare static *nu* este măsurat de ceasornice staționare *alcătuite în același fel.* Din acest exemplu special ne dăm seama deja că semnificația nemijlocit metrică a coordonatelor se pierde, dacă admitem, în genere, transformări neliniare ale coordonatelor. *Trebuie* să facem însă aceasta dacă dorim să explicăm pe baza teoriei egalitatea masei grele și inerte și dacă voim să depășim paradoxul lui Mach privitor la sistemele inerțiale.

Dacă trebuie să renunțăm însă să conferim coordonatelor o semnificație metrică nemijlocită (diferențe de coordonate = lungimi măsurabile, respectiv timpi) vom fi obligați să tratăm ca echivalente toate sistemele de coordonate ce pot fi produse cu ajutorul transformărilor continuie ale coordonatelor.

Teoria generală a relativității pleacă, prin urmare, de la principiul: legile naturii trebuie să fie exprimate prin ecuații care sînt covariante față de grupul transformărilor continuie ale coordonatelor. Acest grup ia, așadar, aici locul grupului

transformărilor Lorentz al teoriei speciale a relativității, ultimul grup constituind un subgrup al primului.

Această cerință nu este în sine, fără îndoială, suficientă ca punct de plecare pentru o derivare a ecuațiilor fundamentale ale fizicii. Într-o primă instanță se poate chiar contesta că această cerință, singură, conține o restricție reală pentru legile fizice; căci va fi întotdeauna posibil ca o lege, postulată mai întîi numai pentru anumite sisteme de coordonate, să fie în așa fel formulată încît noua formulare să devină, în ceea ce privește forma, general covariantă. În afară de aceasta, este de la început clar că pot fi formulate infinit de multe legi de cîmp care posedă această proprietate de covarianță. Semnificația euristică eminentă a principiului general al relativității constă însă în aceea că ne conduce spre căutarea acelor sisteme de ecuații, care sînt în formularea lor *general covariantă* cele *mai simple cu putință*; între acestea trebuie să căutăm ecuațiile de cîmp ale spațiului fizic. Cîmpurile care pot fi transformate unele în altele prin asemenea transformări descriu aceeași situație reală.

Întrebarea principală pentru acela care cercetează în acest domeniu este următoarea: de ce fel de tip matematic sînt variabilele (funcții de coordonate) care permit exprimarea proprietăților fizice ale spațiului (a „structurii“ sale)? Şi abia după aceea: ce ecuații sînt satisfăcute de aceste variabile?

Astăzi nu sîntem cîtuși de puțin în măsură să răspundem cu certitudine la aceste întrebări. Drumul ales în prima formulare a teoriei generale a relativității poate fi caracterizat după cum urmează: chiar dacă nu știm prin ce fel de variabile (structură) ale cîmpului trebuie să fie caracterizat spațiul fizic, cunoaștem însă cu siguranță un caz special: cel al spațiului „fără cîmp“ în teoria specială a relativității. Un asemenea spațiu este caracterizat prin aceea că pentru un sistem de coordonate ales în mod convenabil expresia

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 - dx_4^2 \tag{1}$$

aparținînd la două puncte învecinate, reprezintă o mărime măsurabilă (pătrat al distanței), și are, așadar, o semnificație fizică reală. Cu referire la un sistem arbitrar, această mărime se exprimă astfel:

$$ds^2 = g_{ik}\, dx_i\, dx_k$$

unde indicii variază de la 1 la 4. Componentele g_{ik} formează

un tensor simetric. Dacă, după efectuarea unei transformări asupra cîmpului (1), derivatele de ordinul I ale componentelor lui g_{ik} în raport cu coordonatele nu se anulează, atunci există, în relație cu acest sistem de coordonate, un cîmp gravitațional în sensul considerației de mai sus, și anume un cîmp gravitațional de o natură cu totul specială. Datorită cercetărilor lui Riemann asupra spațiilor metrice n-dimensionale acest cîmp special poate fi caracterizat ca invariant astfel:

1) Tensorul de curbură riemannian R_{iklm}, construit cu coeficienți ai metricii (2), se anulează.

2) Traiectoria unui punct material este în raport cu sistemul inerțial (față de care este valabil (1)) o linie dreaptă, deci o extremală (geodezică). Ultima este însă deja o caracterizare a legii mișcării ce se sprijină pe (2).

Legea universală a spațiului fizic trebuie să fie acum o generalizare a legii pe care tocmai am caracterizat-o. Presupuneam, deci, că există două trepte de generalizare:

a) cîmp gravitațional pur,

b) cîmp general (în care survin și mărimi ce corespund oarecum cîmpului electromagnetic).

Cazul a) era caracterizat prin aceea că cîmpul poate fi, ce-i drept, reprezentat întotdeauna printr-o metrică riemanniană (2), adică printr-un tensor simetric, pentru care nu există însă o reprezentare de forma (1) (cu excepția regiunilor infinitezimale). Aceasta înseamnă că în cazul a), tensorul riemannian *nu* se anulează. Este însă clar că, în acest caz, trebuie să fie valabilă o lege de cîmp care este o generalizare (slăbire) a acestei legi. Dacă și această lege trebuie să fie diferențială de ordinul doi și cu derivate de ordinul doi liniare, atunci numai ecuația

$$0 = R_{kl} = g^{im} R_{iklm}$$

care poate fi obținută printr-o singură contracție, este luată în considerare ca o ecuație a cîmpului în cazul a). Pare de altfel firesc să se presupună că și în cazul a) linia geodezică mai reprezintă legea mișcării punctului material.

Mi s-a părut atunci lipsit de orice perspectivă să îndrăznesc a încerca să reprezint cîmpul total b) și să stabilesc legi de cîmp pentru acesta. Am preferat de aceea să propun un cadru formal provizoriu pentru o reprezentare a întregii realități fizice; acest lucru a fost necesar pentru a putea

cerceta, cel puțin în mod provizoriu, utilitatea ideii de bază a relativității generale. Aceasta s-a petrecut în felul următor.

În teoria newtoniană, legea de cîmp a gravitației poate fi scrisă

$$\Delta\varphi = 0$$

(φ = potențial gravitațional) pentru acele locuri unde densitatea materiei ρ e nulă. În general s-ar putea scrie (ecuația lui Poisson) $\Delta\varphi = 4\pi k\rho$ · (φ = densitatea de masă). În cazul teoriei relativiste a cîmpului gravitațional, R_{ik} ia locul lui $\Delta\varphi$. Atunci în partea dreaptă trebuie să punem în locul lui ρ un tensor. Știind însă din teoria specială a relativității că masa (inertă) este egală cu energia, va trebui să punem în partea dreaptă tensorul densității energiei, mai precis al densității energiei totale, în măsura în care ea nu aparține cîmpului gravitațional pur. Se ajunge astfel la ecuațiile cîmpului

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R = - k T_{ik}.$$

Cel de al doilea membru din partea stîngă este adăugat din motive formale; partea stîngă este scrisă în așa fel încît divergența lui să se anuleze în mod identic, în sensul calculului diferențial absolut. Partea dreaptă este o concentrare formală a tuturor lucrurilor a căror înțelegere în sensul teoriei cîmpului este încă problematică. Nu m-am îndoit, firește, nici un moment că această formulare era doar un expedient, pentru a da principiului general al relativității o formulare preliminară închisă. Ea nu era în esență *mai mult* decît o teorie a cîmpului gravitațional, izolat oarecum artificial de un cîmp total de o structură încă necunoscută [26].

Dacă în teoria schițată există ceva care ar putea, eventual, să pretindă o semnificație definitivă — făcînd abstracție de cerința invarianței ecuațiilor în raport cu grupul transformărilor continue ale coordonatelor — aceasta este teoria cazului limită al cîmpului gravitațional pur și a relației sale cu structura metrică a spațiului. De aceea, în ceea ce urmează nemijlocit va fi vorba numai de ecuațiile cîmpului gravitațional pur.

Particularitatea acestor ecuații stă, pe de o parte, în structura lor complicată, îndeosebi în caracterul lor neliniar în raport cu variabilele de cîmp și cu derivatele acestora,

pe de altă parte, în necesitatea aproape constrîngătoare cu care grupul de transformări determină această lege complicată a cîmpului. Dacă ne-am fi oprit la teoria specială a relativității, adică la invarianța în raport cu grupul Lorentz, atunci și în cadrul acestui grup mai restrîns legea de cîmp $R_{ik} = 0$ ar fi fost invariantă. Dar din punctul de vedere al grupului mai restrîns nu ar fi existat, la început, nici un motiv pentru ca gravitația să trebuiască să fie reprezentată printr-o structură atît de complicată ca aceea reprezentată de tensorul simetric g_{ik}. Dacă însă am găsi rațiuni suficiente pentru aceasta, atunci ar exista un număr imens de legi de cîmp pornind de la mărimile g_{ik} care sînt toate covariante în raport cu transformările Lorentz (nu însă și în raport cu grupul general). Chiar dacă din toate legile ce pot fi gîndite ca Lorentz-invariante, am fi ghicit întîmplător tocmai legea care aparține grupului celui mai larg, nu ne-am afla încă pe treapta de cunoaștere atinsă prin principiul general al relativității. Căci din punctul de vedere al grupului Lorentz două soluții ar fi considerate, în mod fals, ca fizic deosebite una de cealaltă, dacă ar putea fi transformate una în alta printr-o transformare neliniară a coordonatelor, adică dacă ele sînt, din punctul de vedere al grupului mai larg, doar reprezentări diferite ale aceluiași cîmp.

Încă o observație generală despre structura de cîmp și despre grup. Este clar că, în genere, o teorie va fi apreciată ca fiind cu atît mai desăvîrșită cu cît „structura“ care îi stă la bază va fi mai simplă și cu cît va fi mai cuprinzător grupul în raport cu care sînt invariante ecuațiile de cîmp. Se vede acum că aceste două cerințe stau una în calea celeilalte. Potrivit teoriei speciale a relativității (grupul Lorentz) putem, de exemplu, stabili o lege covariantă pentru cea mai simplă structură ce poate fi gîndită (un cîmp scalar), în timp ce în teoria generală a relativității (grupul mai larg al transformărilor continuie de coordonate) există o lege invariantă a cîmpului doar pentru structura mai complicată a tensorului simetric. Am indicat deja temeiuri *fizice* pentru faptul că în fizică trebuie să fie cerută invarianța față de grupuri mai largi*; din punct de vedere pur matematic nu văd nici o

---

* Este o inconsecvență naivă să se rămînă la grupul mai restrîns și să se pună, în același timp, la bază structura mai complicată a teoriei generale a relativității. Păcatul rămîne păcat chiar dacă este săvîrșit de oameni altminteri respectabili.

constrîngere pentru a sacrifica structura mai simplă în favoarea generalității grupului.

Grupul relativității generale cere pentru prima dată ca legea invariantă cea mai simplă să nu fie liniară și omogenă față de variabilele de cîmp și de derivatele acestora. Aceasta are o importanță fundamentală din următorul motiv. Dacă legea cîmpului este liniară (și omogenă), atunci suma a două soluții este de asemenea o soluție; așa este, de exemplu, în cazul ecuațiilor de cîmp ale lui Maxwell pentru spațiul gol. Într-o asemenea teorie nu se poate deduce numai din ecuațiile de cîmp o interacțiune între corpuri care să poată fi reprezentată în mod separat prin soluții ale sistemului, De aceea toate teoriile de pînă acum au cerut, pe lîngă ecuații de cîmp, ecuații speciale pentru mișcarea corpurilor materiale sub influența cîmpurilor. În teoria relativistă a gravitației s-a postulat inițial, ce-i drept, în mod independent, alături de ecuațiile legii de cîmp, legea mișcării (linia geodezică). Ulterior, s-a dovedit că legea mișcării nu trebuie să fie (și nu are voie să fie) acceptată în mod independent, ci este cuprinsă implicit în legea cîmpului gravitațional.

Esența acestei situații în sine complicate poate fi reprezentată intuitiv după cum urmează. Un punct material singular în repaus va fi reprezentat printr-un cîmp gravitațional care este finit și regulat peste tot, în afară de locul în care este situat punctul material; acolo cîmpul are o singularitate. Dacă pe baza integrării ecuațiilor cîmpului, calculăm cîmpul aparținînd la două puncte materiale în repaus, acesta are, în afara singularităților din locurile în care sînt situate punctele materiale, o linie constînd din puncte singulare care leagă cele două puncte. Putem însă stipula o mișcare a punctelor materiale în așa fel încît cîmpul gravitațional determinat de ea să nu aibă singularități nicăieri în afara punctelor materiale. Tocmai acestea sînt mișcările descrise într-o primă aproximație de legile lui Newton. Se poate, așadar, spune: masele se mișcă astfel încît ecuații de cîmp nu determină nicăieri în spațiu singularități ale cîmpului, în afara punctelor de masă. Această însușire a ecuațiilor gravitaționale este nemijlocit legată de neliniaritatea lor, care, la rîndul ei, este determinată de grupul mai larg de transformări.

S-ar putea formula, firește, obiecția: dacă singularitățile sînt admise în locurile în care sînt situate punctele materiale, ce îndreptățire există atunci pentru a interzice apariția singularităților în restul spațiului? Această obiecție ar fi justi-

ficată dacă ecuațiile gravitației ar fi considerate ca ecuații ale cîmpului total. Dar, cum lucrurile nu stau așa, va trebui să spunem că cîmpul unei particule materiale va putea fi privit cu atît mai puțin drept *cîmp gravitațional pur* cu cît ne apropiem mai mult de locul în care este situată particula. Dacă am avea ecuațiile de cîmp pentru cîmpul total, ar trebui să cerem ca particulele însele să poată fi reprezentate *pretutindeni* ca soluții fără singularități ale ecuațiilor complete de cîmp. Numai atunci teoria generală a relativității ar deveni o teorie *completă*.

Înainte de a aborda problema desăvîrșirii teoriei generale a relativității, trebuie să iau poziție față de teoria cu cele mai mari succese dintre teoriile fizice ale vremii noastre, teoria statistică, a cuantelor care, aproximativ cu 25 de ani în urmă a luat o formă logică consistentă (Schrödinger, Heisenberg, Dirac, Born). Este singura teorie contemporană care permite înțelegerea unitară a experiențelor vizînd caracterul cuantic al fenomenelor micromecanice. Într-un anumit sens, această teorie, pe de o parte, și teoria relativității, pe de altă parte, sînt considerate ambele corecte, deși, în ciuda tuturor strădaniilor de pînă acum, încercările de a le contopi au eșuat. Acesta este probabil motivul pentru care printre fizicienii teoreticieni ai prezentului există păreri cu totul diferite cu privire la felul în care va arăta fundamentul teoretic al fizicii viitorului. Va fi o teorie a cîmpului sau o teorie în esență statistică ?[27] Voi spune pe scurt ce cred despre aceasta.

Fizica este o strădanie de a cuprinde conceptual o existență gîndită ca ceva independent de faptul de a fi observat. În acest sens se vorbește de „realitate fizică". În fizica precuantică nu exista nici o îndoială cu privire la felul cum trebuie să fie înțeles acest lucru. În teoria lui Newton realitatea era reprezentată de puncte materiale în spațiu și timp, în teoria lui Maxwell printr-un cîmp în spațiu și timp. În mecanica cuantică situația este mai puțin transparentă. Dacă ne întrebăm: reprezintă o funcție a teoriei cuantice o stare reală în același sens ca și un sistem de puncte materiale sau un cîmp electromagnetic, ezităm să răspundem printr-un simplu „da" sau „nu". De ce ? Funcția ψ (într-un anumit moment al timpului) enunță care este probabilitatea de a găsi o anumită mărime fizică q (sau p) într-un interval dat, dacă o măsurăm în timpul t. Probabilitatea trebuie să fie

considerată aici drept ceva ce poate fi stabilit empiric, deci ca o mărime „reală“ certă, pe care pot să o determin dacă produc foarte des aceeași funcție ψ și realizez de fiecare dată o măsurătoare q. Cum stau însă lucrurile cu valoarea măsurată a lui q în fiecare caz în parte ? Are sistemul individual respectiv această valoare q încă înainte de măsurare? La această întrebare nu există un răspuns determinat în cadrele teoriei deoarece măsurătoarea este un proces care reprezintă o intervenție exterioară finită asupra sistemului; s-ar putea de aceea considera că sistemul primește o anumită valoare numerică pentru q (respectiv p), adică valoarea măsurată, abia prin măsurătoare. Pentru continuarea discuției îmi imaginez doi fizicieni A și B, care susțin concepții diferite cu privire la situația reală descrisă prin funcția ψ[28].

A. Sistemul individual are (înainte de măsurătoare) o anumită valoare a lui q (respectiv p) pentru toate variabilele sistemului, și anume *acea* valoare care este stabilită prin măsurarea acestor variabile. Pornind de la această concepție el va declara: funcția ψ nu reprezintă o descriere completă a stării reale a sistemului, ci o descriere incompletă; ea exprimă numai ceea ce știm despre sistem pe baza măsurătorilor anterioare.

B. Sistemul individual nu are (înaintea măsurătorii) o valoare determinată a lui q (respectiv p). Valoarea măsurată ia naștere cu concursul probabilității specifice care îi este acordată, în virtutea funcției ψ, abia prin actul măsurării. Pornind de la această concepție, el va declara (sau, cel puțin, va putea să declare): funcția ψ este o descriere completă a stării reale a sistemului.

Să prezentăm acum acestor doi fizicieni următorul caz. Fie un sistem care, în momentul în care îl examinăm, constă din două sisteme parțiale S_1 și S_2, despărțite în spațiu în acest moment (în sensul fizicii clasice), între care nu există o interacțiune considerabilă. Sistemul total este descris complet, în sensul mecanicii cuantice, printr-o funcție ψ cunoscută, ψ_{12}. Toți teoreticienii cuantelor sînt de acord asupra următoarelor: dacă realizez o măsurătoare completă a lui S_1, primesc din rezultatul măsurătorii și din ψ_{12} o funcție ψ pe deplin determinată, funcția ψ_2 a sistemului S_2. Caracterul lui ψ_2 depinde de *ce fel de* măsurătoare realizezi asupra sistemului S_1. Mie mi se pare însă că putem vorbi de starea de

fapt reală a sistemului parțial S_2. Despre această stare de fapt reală știm din capul locului, înaintea măsurării lui S_1, încă mai puțin decît știm despre un sistem descris de funcția ψ. O presupunere trebuie, însă, după părerea mea, în orice caz reținută: starea de fapt reală a sistemului S_2 este independentă de ceea ce se întîmplă cu sistemul S_1, separat în spațiu de acesta [29]. După felul măsurătorii pe care o întreprind asupra lui S_1 obțin însă un alt fel de ψ_2 pentru al doilea sistem parțial. (ψ_2, ψ_2^1 ...). Starea reală a lui S_2 trebuie însă să fie independentă de ceea ce se întîmplă cu S_1. Pentru aceeași stare reală a lui S_2 pot fi găsite (în funcție de alegerea măsurătorii ce se face asupra lui S_1) diferite funcții ψ. (Putem evita această concluzie numai dacă presupunem, fie că măsurătoarea lui S_1 modifică (pe cale telepatică) starea reală a lui S_2, fie contestînd că lucrurile, care sînt despărțite în spațiu unele în raport cu celelalte, posedă stări reale independente. Ambele supoziții mi se par cu totul inacceptabile.)

Dacă fizicienii A și B acceptă aceste considerații ca întemeiate, atunci B va trebui să renunțe la punctul său de vedere că funcția ψ este o descriere completă a unei stări reale de fapt. Căci în acest caz ar fi imposibil ca aceleași stări de fapt (a lui S_2) să-i putem atribui două funcții ψ diferite.

Dacă așa stau lucrurile, caracterul statistic al teoriei contemporane ar fi o consecință necesară a naturii incomplete a descrierii sistemelor în mecanica cuantică, iar presupunerea că o bază viitoare a fizicii ar trebui să fie fundamentată pe statistică [30] nu ar mai avea nici un temei.

Părerea mea este că teoria cuantică contemporană, utilizînd unele concepte ce sînt luate în esență din mecanica clasică, constituie o formulare optimă a corelațiilor. Cred însă că această teorie nu oferă un punct de plecare util pentru dezvoltarea viitoare. Acesta este punctul în care așteptările mele se deosebesc de cele ale celor mai mulți fizicieni contemporani. Ei sînt convinși că trăsăturile esențiale ale fenomenelor cuantice (schimbări aparent discontinuie și nedeterminate temporal ale stării unui sistem, însușiri în același timp corpusculare și ondulatorii ale entităților energetice elementare) nu pot fi explicate de o teorie ce descrie starea reală a lucrurilor prin funcții continue ale spațiului pentru care sînt valabile ecuații diferențiale. Ei își închipuie, de asemenea, că pe această cale nu va putea fi înțeleasă structura atomică a substanței și a radiației. Ei se așteaptă ca sistemele de ecua-

ții diferențiale care ar fi luate în considerare într-o asemenea teorie să nu aibă în general soluții care să fie peste tot regulate (lipsite de singularități) în spațiul cvadridimensional. Înainte de toate, ei cred însă că natura aparent discontinuă a evenimentelor elementare nu poate fi descrisă decît cu ajutorul unei teorii în esență statistice, în care se dă socoteală de schimbările discontinue ale sistemelor prin schimbări *continue* ale probabilității stărilor posibile.

Toate aceste considerații mi se par destul de impresionante. Întrebarea cu adevărat importantă îmi pare însă a fi aceasta: ce se poate încerca, cu anumite șanse de succes, în situația actuală a teoriei ? În această privință experiențele legate de teoria gravitației sînt cele care determină orientarea așteptărilor mele. Aceste ecuații au, după părerea mea, mai multe pespective să enunțe ceva *precis* decît toate celelalte ecuații ale fizicii. Să luăm, de exemplu, ca termen de comparație, ecuațiile lui Maxwell pentru spațiul gol. Acestea sînt formule în acord cu experiențele în cazul unor cîmpuri electromagnetice infinit de slabe. Această origine empirică condiționează deja forma lor liniară; s-a subliniat însă mai înainte că legile adevărate nu pot fi liniare. Asemenea legi satisfac principiul superpoziției pentru soluțiile lor, dar nu conțin enunțuri despre interacțiunile corpurilor elementare. Legile adevărate nu pot fi liniare și nici un pot fi derivate din asemenea legi. Din teoria gravitației am mai învățat însă și altceva: nici chiar o colecție oricît de cuprinzătoare de fapte empirice nu poate conduce la formularea unor ecuații atît de complicate. O teorie poate fi testată de experiență, dar nu există o cale de la experiență la formularea teoriei. Ecuații de o asemenea complexitate ca ecuațiile cîmpului gravitațional pot fi găsite numai prin descoperirea unor condiții matematice simple din punct de vedere logic, care determină ecuațiile în mod complet sau aproape complet. Odată ce avem aceste condiții formale suficient de puternice ne sînt necesare doar puține cunoștințe despre fapte pentru formularea teoriei; în cazul ecuațiilor gravitaționale acestea sînt cvadridimensionalitatea și tensorul simetric, ca expresie pentru structura spațiului, care, împreună cu invarianța în raport cu grupul transformărilor continuie, determină, practic, în mod complet ecuațiile.

Sarcina noastră este de a găsi ecuațiile cîmpului pentru cîmpul total. Structura căutată trebuie să fie o generalizare

a tensorului simetric. Grupul nu trebuie să fie mai restrîns decît cel al transformărilor continuie ale coordonatelor. Dacă introducem o structură mai bogată, atunci grupul nu va mai determina atît de puternic ecuațiile ca și în cazul în care structura este reprezentată de tensorul simetric. De aceea cel mai frumos ar fi dacă am reuși să extindem încă o dată grupul, în analogie cu pasul care a condus de la relativitatea restrînsă la relativitatea generală. Am încercat, mai precis, să utilizez grupul transformărilor complexe ale coordonatelor. Toate strădaniile de acest fel au fost lipsite de succes. Am renunțat de asemenea la o creștere declarată sau camuflată a numărului dimensiunilor spațiului, o încercare care a fost întreprinsă pentru prima dată de Kaluza și care, în varianta proiectivă, mai are și astăzi adepții ei. Ne-am limitat la spațiul cvadridimensional și la grupul transformărilor continuie reale ale coordonatelor. După mulți ani de căutări zadarnice, socotesc soluția care va fi schițată în cele ce urmează ca cea mai satisfăcătoare din punct de vedere logic.

În locul tensorului simetric $g_{ik}(g_{ik} = g_{ki})$ este introdus tensorul nesimetric g_{ik}. Această mărime este constituită dintr-o parte simetrică S_{ik} și dintr-o parte antisimetrică reală sau pur imaginară a_{ik}:

$$g_{ik} = S_{ik} + a_{ik}.$$

Din punctul de vedere al grupului această combinație a lui S și a este considerată arbitrară deoarece tensorii S și a au, fiecare izolat, caracterul de tensor. Se dovedește însă că acești g_{ik} (considerați ca întreg) joacă în construcția noii teorii un rol analog cu cel al g_{ik}-urilor simetrici în teoria cîmpului gravitațional pur.

Această generalizare a structurii spațiului pare naturală și din punctul de vedere al cunoașterii noastre fizice deoarece știm că cîmpul electromagnetic implică un tensor antisimetric.

Pentru teoria gravitației este, în afară de aceasta, esențial ca din tensorul simetric g_{ik} să poată fi formată densitatea scalară $\sqrt{|g_{ik}|}$, ca și tensorul contravariant g^{ik}, potrivit definiției:

$$g_{ik}g^{il} = \delta_k^l (\delta_k^l = \text{tensorul lui Kronecker}).$$

Aceste structuri pot fi definite exact în același fel pentru tensorul nesimetric g_{ik}, și pentru densitățile tensoriale.

În teoria gravitației este, în afară de aceasta, esențial ca pentru un cîmp simetric dat g_{ik} să poată fi definit un cîmp Γ^l_{ik} care este simetric în indicii inferiori și care, considerat geometric, guvernează deplasarea paralelă a unui vector. În mod analog, pentru tensorii nesimetrici g_{ik}, poate fi definit un cîmp nesimetric Γ_{ik} după formula

$$g_{ik,l} - g_{sk}\Gamma^{s}_{il} - g_{is}\Gamma^{s} = 0, \dots \qquad \text{(A)}$$

care este în acord cu relația respectivă a simetricului g, cu precizarea că aici este necesar, desigur, să acordăm atenție poziției indicilor inferiori în g și Γ.

Ca și în teoria tensorilor simetrici g_{ik}, din Γ se poate forma o curbură R^i_{klm} și din aceasta o curbură contractată R_{kl}. În sfîrșit, prin aplicarea unui principiu de variație, împreună cu (A), putem găsi ecuații ale cîmpului compatibile:

$$\mathfrak{g}^{ik} = \frac{1}{2}(g^{ik} - g^{ki})\sqrt{-|g_{ik}|} \qquad (B_1)$$

$$\Gamma^{s}_{is} = 0 \left(\Gamma^{s}_{\check{i}s} = \frac{1}{2}(\Gamma^{s}_{is} - \Gamma^{s}_{si})\right) \qquad (B_2)$$

$$R_{ik} = 0 \qquad (C_1)$$

$$R_{\underline{kl},m} + R_{\underline{lm},k} + R_{\underline{mk},l} = 0 \qquad (C_2)$$

Aici fiecare din cele două ecuații (B_1), (B_2) este o consecință a celeilalte, dacă (A) este satisfăcută. R_{kl} înseamnă partea simetrică, $R_{\underline{kl}}$ partea antisimetrică a lui R_{kl}.

În cazul anulării părții antisimetrice a lui g_{ik}, aceste formule se reduc la (A) și (C_1) — cazul cîmpului gravitațional pur.

Cred că aceste ecuații reprezintă cea mai naturală generalizare a ecuațiilor gravitației*. Verificarea utilității lor fizice este o sarcină deosebit de grea, fiindcă nu poate fi

* Teoria propusă aici are, după părerea mea, o probabilitate destul de mare de a fi confirmată, în cazul în care calea unei descrieri complete a realității fizice pe baza continuului se va dovedi, în genere, practicabilă.

realizată prin aproximații. Întrebarea este: care sînt soluțiile fără singularități ale acestor ecuații pentru întreg spațiul ?

Această expunere și-a atins scopul dacă, îi arată cititorului cum se înlănțuie strădaniile unei vieți și de ce au dus ele la un anumit fel de așteptări[31].

NO.TE

1. Cititorul este astfel prevenit că atît dezvoltarea gîndirii fizice, cît și strădaniile științifice ale autorului sînt înfățișate aici în lumina unui ideal de cunoaștere care s-a constituit în timp și a primit contururi clare abia după ce cea mai activă și creatoare epocă a activității sale științifice rămăsese deja în urmă.

2. Exprimări ca „lume mare, care este independentă de noi oamenii" sau „lume extrapersonală" nu sînt simple întorsături stilistice. Este vorba de sublinierea distanțării autorului față de un mod foarte răspîndit de a gîndi țelul activității științifice: căutarea unor instrumente cît mai comode și convenabile de organizare și manipulare a experiențelor noastre. Apropierea pe calea gîndirii științifice de structuri în care se exprimă cu putere armonia și raționalitatea universului devine cu putință numai prin eforturi mereu reînnoite de a adapta modul nostru de a gîndi unei lumi „care este independentă de noi".

3. Aici apare un motiv fundamental al concepției lui Einstein asupra naturii gîndirii conceptuale. Toate noțiunile, fie ele comune, fie științifice, nu sînt derivate într-un fel sau altul din impresiile senzoriale, ci postulate în mod liber. Ele nu se justifică prin derivarea din ceva ce ne este dat nemijlocit, ci prin utilitatea lor, prin capacitatea de a corela și sistematiza o mare diversitate de date ale experienței, de a anticipa noi experiențe. Despre raportul unui sistem de concepte cu realitatea sîntem îndreptățiți să afirmăm ceva doar indirect, considerînd capacitatea comparativă a enunțurilor și teoriilor, formulate în termenii acestor concepte, de a coordona și anticipa un domeniu tot mai larg și o varietate tot mai mare de experiențe.

4. Schimbarea conceptelor, introducerea unor concepte noi, își are sursa în străduințele de a obține o coordonare tot mai eficientă a experiențelor noastre, de a lărgi sfera experiențelor și de a asigura cuprinderea prin concepte a unor noi experiențe și corelarea lor cu experiențe deja familiare.

5. În „gîndirea primară", în primul rînd la nivelul cunoașterii comune, puțin elaborate, nu există o distincție clară între elementele de ordin rațional și empiric. Un enunț elementar al geometriei ne apare intuitiv ca evident și necesar și, în același timp, valabil în lumea experienței. Putem înțelege astfel cum a ajuns Kant să considere asemenea enunțuri drept sintetice *a priori*.

6. Pentru o mai bună clarificare a sensului acestei concluzii, vezi și articolul *Geometrie și experiență*.

7. Aceasta este o mărturie importantă. Toate pronunțările lui Einstein cu privire la cunoaștere în genere, cu privire la natura și țelurile

teoriei fizice datează dintr-o perioadă relativ mai tîrzie. Atît corespondenţa, cît şi mărturiile unor oameni apropiaţi sprijină presupunerea că în „anii mai tineri“ Einstein s-a simţit apropiat de filozofii ale cunoaşterii dominate de motive empiriste, cum sînt cele ale lui Hume şi Mach. O evoluţie notabilă spre un punct de vedere raţionalist asupra naturii cunoaşterii fizice a avut loc, se pare, sub influenţa determinantă a experienţei pe care a constituit-o elaborarea teoriei generale a relativităţii. Einstein s-a îndepărtat astfel tot mai mult de epistemologia lui Mach şi s-a apropiat de punctul de vedere filozofic realist al lui Planck. Semnificativă din acest punct de vedere este schimbarea aprecierii pe care o dă Einstein poziţiilor ce se înfruntă în controversa dintre Mach şi Planck. Pentru dezvoltări vezi articolul lui G. Holton, *Unde este realitatea? Răspunsurile lui Einstein*, şi postfaţa, *Idealul cunoaşterii şi idealul umanist la Albert Einstein*.

8. Elementele gîndirii conceptuale reprezintă cunoştinţe despre realitate în măsura în care îşi probează capacitatea de a coordona eficient şi de a anticipa în mod sistematic experienţele noastre. Ele vor fi considerate cu atît mai „adevărate“ cu cît capacitatea lor de a realiza prestaţii de acest fel este mai mare în raport cu cea a altor sisteme de concepte. Relaţia dintre elementele gîndirii conceptuale şi trăirile senzoriale, crede Einstein, poate fi caracterizată doar negativ; această relaţie nu este una logică. Termenul *intuitiv* este utilizat aici în acest sens negativ pentru a desemna o corelaţie care nu are un caracter logic.

9. Aici este semnalat un element central al reprezentării generale a autorului despre cunoaşterea omenească. Raportul dintre concepte şi enunţuri cu caracter general, pe de o parte, şi realitatea concretă, pe de altă parte, este mijlocit de datele senzoriale. Relaţia conceptelor şi enunţurilor cu datele senzoriale este caracterizată drept o relaţie intuitivă de *corespondenţă* sau de *coordonare*.

10. Superioritatea unui sistem de concepte în raport cu altul stă în capacitatea lui de a coordona şi anticipa sistematic un domeniu cît mai larg de experienţe pe baza unui număr cît mai mic de concepte de bază. Einstein utilizează expresia „simplitate logică“ pentru a desemna acest atribut al teoriilor fizice, ca sisteme conceptuale.

11. Einstein respinge, aşadar, cel puţin în principiu, concepţia că ar exista noţiuni ce prescriu condiţii necesare ale oricărei cunoaşteri, ale oricărei experienţe posibile şi sînt în acest sens *a priori*. În înfruntarea istorică dintre empirism şi apriorismul radical el se situează, cum se vede, pe poziţiile empirismului.

12. Într-adevăr, primele mari realizări ştiinţifice ale lui Einstein, inclusiv teoria restrînsă a relativităţii, nu au cerut cunoştinţe matematice deosebite. Einstein a trebuit să-şi însuşească instrumente matematice mai complexe abia în perioada elaborării teoriei generale a relativităţii. Începînd din acest moment, el a fost silit să ceară ajutorul matematicienilor fiind asistat la Praga (1911—12) de G. Pick şi la Zürich (1912—14) de M. Grossmann. Mai tîrziu, la Berlin şi la Princeton, Einstein a avut permanent, ca asistenţi, tineri matematicieni.

13. Prietenul la care se referă aici Einstein este M. Grossmann. Coleg de studii al lui Einstein, Marcel Grossmann (1878—1936) a devenit profesor de geometrie descriptivă la Institutul Politehnic din Zürich. Grossmann l-a ajutat pe Einstein în elaborarea aparatului matematic al teoriei generale a relativităţii, atunci cînd acesta din

urmă s-a întors de la Praga la Zürich în 1912. Se știe că tatăl lui M. Grossmann l-a sprijinit pe Einstein în obținerea unei slujbe la Biroul Federal de Patente din Berna în 1902. Einstein îl socotea pe Grossmann „un prieten foarte drag".

14. Este o caracterizare succintă și sugestivă a concepției potrivit căreia mecanica punctelor materiale constituie baza întregii fizici, o concepție care a fost general împărtășită pînă la dezvoltarea fizicii cîmpului prin opera lui Faraday și Maxwell. Pentru caracterizarea acestei concepții vezi și textele *Fizica și realitatea* și *Fundamentele fizicii teoretice*.

15. Aceasta este o exprimare concisă, dar clară a atitudinii ambivalente a lui Einstein față de ideile lui Mach, o atitudine care s-a conturat abia după elaborarea teoriei generale a relativității. Pe de o parte, critica fundamentelor mecanicii de pe poziții empiriste a avut un rol important în elaborarea teoriei restrînse și generale a relativității. Pe de altă parte, orientarea pe care o dădea empirismul lui Mach cercetării fizice era în contradicție flagrantă cu concepția lui Einstein despre țelul științei, cu crezul său filozofic. Pentru dezvoltări vezi și articolul *Ernst Mach* și notele la acest text, nota (2) la *Principiile cercetării* și pasajul la care se referă această notă, precum și postfața *Idealul cunoașterii și idealul umanist la Albert Einstein*.

16. „Perfecțiunea internă" a unei teorii fizice nu se limitează, prin urmare, la simplitatea ei logică. O teorie este superioară alteia din acest punct de vedere, dacă ecuațiile ei introduc mai multe restricții cu privire la caracteristicile de ordin formal ale structurilor pe care le descriu, dacă cerințele de simetrie și invarianță pe care le satisfac aceste ecuații sînt mai cuprinzătoare. În acest fel, teoria restrînge tot mai mult domeniul posibilităților. Analizele ce urmează conturează mai bine această idee. Vezi și *Despre metoda fizicii teoretice*, îndeosebi pasajul la care se referă nota (6). Pentru o discuție mai largă a concepției lui Einstein despre „perfecțiunea internă" ca atribut al teoriilor fizice, vezi și *Idealul cunoașterii și idealul umanist la Albert Einstein*.

17. Einstein caracterizează mai jos „dualismul" în fundamentele fizicii prin aceea că punctul material newtonian și cîmpul continuu sînt utilizate drept concepte elementare, ireductibile unul la celălalt. O analiză mai aprofundată a situației fizicii teoretice din acest punct de vedere, a ceea ce Einstein numea „o criză în ceea ce privește principiile fundamentale" (vezi, de exemplu, scrisoarea către M. Besso din 29 iulie 1953), poate fi găsită în articolele *Fizica și realitatea* și *Fundamentele fizicii teoretice*.

18. Pentru o referire la acest experiment, vezi și *Ernst Mach* și nota (6) la acest text.

19. Este caracteristic pentru modul de a gîndi al lui Einstein că el apreciază progresul pe care îl reprezintă introducerea unei noi teorii fizice, de exemplu teoria relativității în raport cu teoria newtoniană a mișcării, nu în primul rînd în sensul că noua teorie explică fapte ce nu pot fi explicate de cea veche, ci ținînd seama de împrejurarea că noua teorie face posibilă „o înțelegere mai profundă a conexiunilor". Vezi în această privință și *Observații asupra articolelor reunite în acest volum*, nota (8) și pasajul la care se referă această notă.

20. Pentru dezvoltarea acestei idei, vezi distincţia dintre *teorii de principii* şi *teorii constructive*, precum şi consideraţiile lui Einstein asupra excelenţei teoriilor de principii formulate în textul *Ce este teoria relativităţii?*

21. Einstein descrie aici în amănunte ceea ce teoreticienii numesc „o criză în fundamentele unei discipline", precum şi starea de spirit în care se află cercetătorul care trăieşte o asemenea stare de criză. Sugestia lui Einstein este că situaţiile de acest fel supun intuiţia şi capacitatea de orientare a cercetătorului celei mai grele probe.

22. Acest pasaj indică clar că una din temele epistemologice preferate ale lui Einstein — conceptele (şi teoriile formulate în termenii acestor concepte) sînt create în mod liber de gîndirea cercetătorului şi nu pur şi simplu derivate din datele experienţei — este îndreptată împotriva concepţiei empiriste, pozitiviste asupra cunoaşterii ştiinţifice. Propria experienţă de cercetare i-a arătat lui Einstein că există o legătură strînsă între comportarea cercetătorului creator şi reprezentările lui filozofice mai mult sau mai puţin elaborate asupra naturii cunoaşterii ştiinţifice. Controversa asupra ipotezei atomiste în fizică care a avut loc la sfîrşitul secolului trecut relevă rolul pe care îl pot avea asemenea reprezentări filozofice în determinarea unor opţiuni ştiinţifice fundamentale.

23. Einstein explică aici prin experienţe pe care le-a făcut la începuturile carierei sale ştiinţifice o particularitate importantă a activităţii sale ca fizician teoretician, şi anume, preferinţa sa pentru teorii de principii. În această privinţă termodinamica clasică i-a servit ca model şi sursă de inspiraţie. Comparaţia ce urmează mai jos între principiul general al teoriei restrînse (speciale) a relativităţii, ca principiu restrictiv, şi principiul inexistenţei unui *perpetuum mobile*, ce stă la baza termodinamicii clasice, clarifică mai bine afirmaţiile din acest pasaj.

24. Einstein crede că din punct de vedere conceptual momentul hotărîtor în procesul elaborării teoriei restrînse a relativităţii l-a constituit distanţarea de concepţia newtoniană a spaţiului şi timpului absolut. De aceea, contactul cu filozofia empiristă a cunoaşterii, aşa cum a fost ea dezvoltată în lucrările lui Hume şi Mach, a putut avea pentru el o considerabilă valoare euristică în măsura în care a favorizat o asemenea distanţare. Nu există, prin urmare, nici o contradicţie între invocarea repetată a acestei influenţe şi recunoaşterea caracterului ei binefăcător, pe de o parte, şi respingerea în principiu a concepţiei empiriste asupra cunoaşterii fizice, pe de altă parte. Atît o poziţie, cît şi cealaltă sînt exprimate cu destulă claritate în scrierile şi corespondenţa lui Einstein din ultima perioadă a vieţii sale.

25. Aici este formulată explicit convingerea metafizică pe care se întemeiază încrederea lui Einstein că numai teoriile ce satisfac într-o anumită măsură cerinţele „perfecţiunii interne" pot fi acceptate drept teorii fundamentale în fizică şi se încearcă caracterizarea sub un anumit aspect a „perfecţiunii interne", drept criteriu de excelenţă al teoriilor fizice. Vezi şi nota (16) şi pasajul la care se referă această notă.

26. Aceasta este o mărturie importantă în sensul că Einstein a năzuit încă în această perioadă spre formularea unei teorii generale a cîmpului, ca bază a fizicii, şi a considerat teoria generalizată a relativităţii doar ca o etapă în realizarea proiectului său de unificare a cunoaşterii

fizice. Formularea ecuaţiilor „cîmpului total" este calificată de Einstein drept o desăvîrşire a teoriei generale a relativităţii. O asemenea „desăvîrşire" a fost, de fapt, ţinta tuturor sforţărilor sale ştiinţifice pînă la sfîrşitul vieţii.

27. Rezultă clar că pentru Einstein cercetarea fundamentală în fizică are o condiţionare filozofică ireductibilă în măsura în care este orientată în raport cu răspunsul pe care îl dau teoreticienii la această întrebare. Acest răspuns poate fi considerat drept o opţiune strategică a cărei fertilitate va putea fi determinată abia de evoluţia viitoare a cunoaşterii ştiinţifice.

28. Fizicianul A exprimă punctul de vedere care era apărat, în acel moment, de cercetători ca Einstein şi Schrödinger, în timp ce fizicianul B susţine interpretarea larg acceptată, interpretarea care a fost elaborată în scrierile unor teoreticieni ca Bohr, Heisenberg, Pauli sau Born.

29. Această presupunere, numită astăzi în mod curent *principiul separabilităţii*, reprezintă o premisă esenţială în argumentarea pe care o dă Einstein aici şi în alte texte concluziei că mecanica cuantică este o teorie incompletă. Pentru o discuţie largă a acestei teme vezi B. d'Espagnat, *Quantum Logic and Nonseparability*, în (ed.) J. Mehra, *The Physicist's Conception of Nature*, Reidel, Dordrecht, Boston, 1973 şi *The Quantum Theory and Reality*, în „Scientific American" vol. 241, no. 5, 1979. Pentru prezentarea unor poziţii contemporane în discuţia asupra principiului separabilităţii vezi şi M. Flonta, *Perspectivă filosofică şi raţiune ştiinţifică*, Editura ştiinţifică şi enciclopedică, Bucureşti, 1985, p. 317—331.

30. Dacă se acceptă concluzia că teoria cuantică reprezintă o descriere incompletă a realităţii fizice, rezultă că trăsăturile sau caracteristicile atomice ale substanţei şi radiaţiei nu sînt ireductibile. Dimpotrivă, este de aşteptat, crede Einstein, că o explicaţie mulţumitoare a fenomenelor cuantice, ca şi a celorlalte fenomene fizice, va putea fi dată numai în cadrul unei teorii generale a cîmpului. O asemenea teorie va fi o teorie fizică de tip clasic, în cuvintele lui Einstein „o teorie ce descrie starea reală a lucrurilor prin funcţii continue ale spaţiului pentru care sînt valabile ecuaţii diferenţiale". Este respinsă în acest fel supoziţia fundamentală ce sprijină interpretarea şcolii de la Copenhaga, şi anume că înţelegerea fenomenelor cuantice pretinde abandonarea definitivă a cerinţelor de tip clasic ale descrierii realităţii fizice.

31. Se pare că aceste Note *autobiografice* şi-au propus în primul rînd să evidenţieze temeiurile pe care se sprijină aşteptările autorului lor cu privire la direcţia dezvoltării viitoare a cunoaşterii fizice. Ultima propoziţie indică clar ceea ce s-a lăsat deja să se înţeleagă pe parcursul expunerii: aceste aşteptări exprimă ceea ce a învăţat Einstein din propria sa experienţă de cercetare cu privire la condiţiile generale pe care ar trebui să le satisfacă o teorie care va fi în măsură să constituie un progres autentic în dezvoltarea cunoaşterii fizice.

OBSERVAȚII ASUPRA ARTICOLELOR REUNITE IN ACEST VOLUM[1]

De la început trebuie să spun că nu mi-a fost ușor să mă achit de îndatorirea de a-mi spune părerea despre articolele cuprinse în acest volum. Motivul este că articolele se referă, în întregul lor, la prea multe teme, între care, în stadiul actual al cunoașterii noastre, există doar o slabă legătură. Am încercat, mai întîi, să discut articolele unul cîte unul. Am renunțat, totuși, fiindcă nu a rezultat un text cît de cît omogen, așa încît lectura lui ar fi putut cu greu fi utilă sau plăcută pentru cineva. De aceea, în cele din urmă, am hotărît să rînduiesc aceste observații, atît cît a fost posibil, după considerente tematice.

În afară de aceasta, după unele strădanii infructuoase, mi-am dat seama că mentalitatea care stă la baza cîtorva din aceste articole se deosebește atît de mult de propria mea mentalitate încît nu îmi stă în putință să spun despre ele ceva folositor. Să nu se înțeleagă că eu prețuiesc aceste articole — în măsura în care înțelesul lor îmi este în general clar — mai puțin decît pe cele care sînt mai aproape de modul meu de gîndire și cărora le sînt dedicate observațiile ce urmează [2].

Mă voi referi mai întîi la articolele lui Wolfgang Pauli și Max Born. Ei înfățișează conținutul cercetărilor mele cu privire la cuante și statistică, în general, sub aspectul coerenței lor interne și al contribuției la evoluția fizicii în timpul ultimei jumătăți de veac. Faptul că ei au făcut aceasta este demn de toată lauda; căci numai cei care au luptat cu succes cu situațiile problematice ale vremii lor înțeleg în profunzime aceste situații, spre deosebire de istoricul de mai tîrziu căruia

îi este greu să facă abstracţie de conceptele şi concepţiile care apar generaţiei sale drept consacrate şi chiar drept evidente. Ambii autori dezaprobă faptul că eu resping ideea de bază a teoriei cuantice statistice contemporane în măsura în care nu cred că această idee fundamentală va oferi fizicii în întregul ei o temelie utilizabilă. Mai mult despre aceasta, mai jos.

Ajung acum la ceea ce este probabil subiectul cel mai interesant, care trebuie neapărat discutat în legătură cu argumentarea amănunţită a mult stimaţilor mei colegi Born, Pauli, Heitler, Bohr şi Margenau. Ei sînt, cu toţii, ferm convinşi că enigma dublei naturi a tuturor corpusculilor (caracterul corpuscular şi ondulatoriu) şi-a găsit o soluţie în principiu definitivă prin teoria cuantică statistică. Pe temeiul succesului acestei teorii, ei consideră drept dovedit că o descriere completă a unui sistem, în sensul teoriei, poate să cuprindă, în principiu, numai aserţiuni statistice cu privire la cantităţile măsurabile ale acestui sistem. După cîte se pare, ei sînt cu toţii de părere că relaţia de indeterminare a lui Heisenberg (a cărei corectitudine este din punctul meu de vedere în mod îndreptăţit considerată ca fiind definitiv demonstrată) dezvăluie o caracteristică esenţială a tuturor teoriilor fizice rezonabile ce pot fi gîndite în sensul menţionat. În cele ce urmează, doresc să formulez motivele care mă împiedică să mă alătur acestei păreri împărtăşite de aproape toţi fizicienii teoreticieni contemporani. Sînt, într-adevăr, ferm convins că natura principial statistică a teoriei cuanticii contemporane trebuie să fie atribuită exclusiv faptului că această teorie operează cu o descriere incompletă a sistemelor fizice[3].

Înainte de toate, cititorul trebuie să fie însă convins că eu recunosc întru totul progresul foarte important pe care l-a reprezentat teoria cuantică statistică pentru fizica teoretică. În domeniul fenomenelor *mecanice* — adică oriunde este posibil să considerăm interacţiunea structurilor şi a părţilor lor cu suficientă precizie, postulînd o energie potenţială între punctele materiale — ea constituie deja un sistem care, prin natura lui închisă, descrie corect relaţiile empirice dintre fenomene ce pot fi constatate aşa cum erau ele anticipate din punct de vedere teoretic. Teoria aceasta este pînă acum singura care unifică caracterul dual, corpuscular şi ondulatoriu, al materiei într-un mod satisfăcător din punct

de vedere logic, iar relațiile (controlabile) pe care le conține sînt, înăuntrul limitelor naturale fixate de relația de indeterminare, *complete*. Relațiile formale care sînt date în această teorie — adică întregul ei formalism matematic — vor fi probabil conținute, sub forma inferențelor logice, în orice bună teorie viitoare.

Ceea ce nu mă satisface din punct de vedere principial în această teorie este atitudinea ei față de ceea ce îmi apare ca fiind obiectivul programatic al întregii fizici: descrierea completă a stărilor reale (individuale), care sînt posibile potrivit legilor naturii. Cînd fizicianul modern înclinat spre pozitivism aude o asemenea formulare, el răspunde cu un zîmbet compătimitor. El își spune: „Avem în fața noastră cea mai nudă formulare a unei prejudecăți metafizice, lipsite de conținut, o prejudecată a cărei înfrîngere constituie realizarea epistemologică majoră a fizicienilor în ultimul sfert de secol. A perceput vreun om o «stare fizică reală»? Cum este cu putință ca un om rezonabil să mai creadă astăzi că poate respinge cunoștințele noastre fundamentale invocînd o asemenea fantomă anemică?“ Dar răbdare! Caracterizarea laconică de mai sus nu era menită să convingă pe cineva; ea trebuia mai degrabă să indice punctul de vedere în jurul căruia se grupează în mod firesc reflecțiile elementare ce vor urma [4]. Voi proceda în felul următor: Voi arăta, mai întîi, în cazuri speciale simple, ceea ce mi se pare esențial, și abia apoi mă voi referi pe scurt la cîteva idei mai generale care sînt implicate.

Considerăm un sistem fizic, mai întîi un atom radioactiv cu o perioadă medie de dezintegrare determinată, care este localizat în mod exact din punct de vedere practic într-un punct al sistemului de coordonate. Procesul radioactiv constă din emisiunea unei particule mai ușoare. De dragul simplității neglijăm mișcarea atomului rezultat din procesul de dezintegrare. Urmîndu-l pe Gamow, putem să înlocuim restul atomului printr-un spațiu de o mărime de ordin atomic, înconjurat de o barieră închisă de energie potențială, ce cuprinde în timpul $t = o$ particula ce urmează să fie emisă. Procesul radioactiv, schematizat în acest fel, poate fi descris în acest caz, după cum se știe, în sensul mecanicii cuantice elementare, printr-o funcție ψ în trei dimensiuni, care la timpul $t = o$ este diferită de zero numai înăuntrul barierei, dar care, în desfășurarea timpului, se extinde în spațiul

exterior. Această funcție ψ dă probabilitatea ca, într-un anumit moment ales, particula să fie într-o regiune anume a spațiului (adică să fie găsită aici în cazul unei măsurări a poziției). Funcția ψ nu implică însă nici o aserțiune *cu privire la momentul dezintegrării* atomului radioactiv.

Acum formulăm întrebarea: poate această descriere teoretică să fie considerată ca o descriere *completă* a dezintegrării unui singur atom individual? Răspunsul imediat plauzibil este: nu. Căci sîntem, mai întîi, înclinați să presupunem că atomul individual se dezintegrează într-un moment bine determinat al timpului. O asemenea valoare determinată a timpului nu este însă implicată în descrierea prin funcția ψ. Dacă, prin urmare, atomul individual are un moment de dezintegrare determinat, atunci cît privește atomul individual descrierea lui cu ajutorul funcției ψ trebuie să fie interpretate ca o descriere incompletă. În acest caz, funcția ψ trebuie considerată nu ca descrierea unui sistem singular, ci a unui ansamblu ideal de sisteme. În acest caz, ajungem la convingerea că o descriere completă a unui sistem singular trebuie să fie totuși posibilă; dar pentru o asemenea descriere completă nu există nici un loc în lumea conceptuală a teoriei cuantice statistice.

La acestea, teoreticianul cuantelor va răspunde: Această considerație rezistă sau cade împreună cu afirmația că există în realitate un moment de timp bine determinat al dezintegrării atomului individual. Dar această afirmație este, după părerea mea, nu numai arbitrară, ci realmente lipsită de sens. Afirmația că există un moment determinat al dezintegrării are sens numai dacă eu pot să determin, în principiu, acest moment în mod empiric. O asemenea determinare (care este, în cele din urmă, echivalentă cu încercarea de a proba existența particulei în afara barierei de forță) implică însă o perturbare determinată a sistemului care ne interesează, astfel încît rezultatul determinării nu permite o concluzie cu privire la starea sistemului neperturbat. Supoziția că un atom radioactiv are un moment de dezintegrare determinat nu este așadar justificată în nici un fel, și tot atît de puțin este justificată și consecința derivată din această supoziție, și anume că funcția ψ nu poate fi concepută ca o descriere completă a sistemului individual. Întreaga pretinsă dificultate decurge din faptul că se

postulează ceva ce nu este observabil ca „real". (Acesta este răspunsul teoreticianului cuantelor.)

Ceea ce îmi displace în acest mod de argumentare este atitudinea pozitivistă fundamentală care, după părerea mea, este de nesusținut și care îmi pare a coincide cu principiul lui Berkeley, *esse est percipi*. Căci „existența" este întotdeauna ceva care este construit mintal de către noi, adică ceva postulat în mod liber (în sens logic). Îndreptățirea unor asemenea postulări nu stă în derivarea lor din ceea ce este dat prin simțuri. O asemenea derivare (în sensul deductibilității logice) nu are loc niciodată și niciunde, nici măcar în domeniul gîndirii preștiințifice. Justificarea postulărilor ce reprezintă pentru noi „realitate" stă numai în însușirea lor de a face inteligibil ceea ce este dat prin simțuri (caracterul vag al acestei exprimări mi-a fost impus aici de străduința de a realiza concizia). Aplicată la exemplul specific ales, această considerație ne spune următoarele:

Nu putem să întrebăm pur și simplu: „Există un moment determinat pentru transformarea unui atom individual?", ci numai: „Este rezonabil să postulăm în cadrul construcției noastre teoretice globale existența unui punct determinat al timpului pentru dezintegrarea unui atom individual?" Nu avem voie nici cel puțin să întrebăm *ce înțeles are* această postulare. Putem doar să întrebăm dacă o asemenea postulare este rezonabilă sau nu, în cadrul sistemului conceptual ales, luînd în considerare capacitatea acestuia de a cuprinde din punct de vedere teoretic ceea ce este dat empiric.

În măsura în care un teoretician al cuantelor adoptă poziția că descrierea cu ajutorul funcției ψ se referă numai la ansamblul ideal de sisteme, și cîtuși de puțin la sistemul individual, el poate liniștit să presupună existența unui punct determinat al timpului pentru transformare. Dacă el susține însă presupunerea că această descriere cu ajutorul funcției ψ trebuie considerată drept descrierea completă a sistemului individual, atunci el trebuie să respingă postularea unui moment determinat al dezintegrării .El poate în mod justificat să arate că o determinare a momentului dezintegrării nu este posibilă pentru un sistem izolat; o asemenea determinare reclamă perturbări de un așa fel încît nu pot fi neglijate, atunci cînd se examinează critic situația. Din constatarea empirică potrivit căreia transformarea a avut deja loc, nu va fi cu putință să conchidem, de exemplu, că

acesta ar fi fost cazul și dacă perturbările sistemului nu s-ar fi produs.

După cîte știu, E. Schrödinger a atras pentru prima dată atenția asupra unei modificări a acestei considerații, care arată că o interpretare de acest fel este nepotrivită. În loc de a considera un sistem ce conține numai un atom radioactiv (și procesul său de dezintegrare), considerăm un sistem care include și mijloacele pentru a stabili dezintegrarea radioactivă, de exemplu un contor Geiger cu un mecanism de înregistrare automat. Să presupunem că acesta din urmă include o bandă de înregistrare mișcată de un mecanism de ceasornic, pe care este făcută o înregistrare prin declanșarea contorului. Este adevărat că din punctul de vedere al mecanicii cuantice acest sistem total este foarte complex și că spațiul lui de configurație este de dimensiuni foarte mari. Nu există însă în principiu vreo obiecție împotriva tratării întregului sistem din punctul de vedere al mecanicii cuantice. Și aici, teoria determină probabilitatea fiecărei configurații a tuturor coordonatelor sale, pentru fiecare moment al timpului. Dacă examinăm toate configurațiile coordonatelor pentru un interval mare de timp în comparație cu valoarea timpului mediu de dezintegrare a atomului radioactiv va exista (cel mult) *un* asemenea semn înregistrator pe bandă. Fiecărei configurații a coordonatelor îi corespunde o anumită poziție a semnului pe banda de hîrtie. Cum însă teoria furnizează numai probabilitatea relativă a configurațiilor coordonatelor ce pot fi gîndite, ea oferă de asemenea numai probabilități relative pentru pozițiile semnului pe banda de hîrtie, și nu localizări determinate ale acestui semn.

În această situație localizarea semnului pe bandă joacă rolul pe care l-a jucat în situația inițială valoarea momentului dezintegrării. Rațiunea introducerii sistemului căruia i s-a adăugat mecanismul de înregistrare constă în următoarele. Localizarea semnului pe bandă este un fapt care aparține în întregime sferei conceptelor macroscopice, spre deosebire de momentul de dezintegrare al unui atom individual. Dacă încercăm să lucrăm cu interpretarea potrivit căreia descrierea cuantic-teoretică trebuie să fie înțeleasă ca o descriere completă a sistemului individual, sîntem constrînși să adoptăm interpretarea că localizarea semnului pe bandă nu aparține sistemului ca atare și că existența localizării este în mod

esențial dependentă de realizarea unei observații făcută pe banda de înregistrare. O asemenea interpretare nu este desigur în nici un caz absurdă din punct de vedere pur logic; este însă puțin probabil să existe cineva care să fie înclinat să o ia în considerare în mod serios. În sfera macroscopică considerăm pur și simplu ca sigur că trebuie să aderăm la programul unei descrieri a realității în spațiu și timp, în timp ce în sfera fenomenelor în cazul cărora structura microscopică joacă un rol esențial sîntem mai ușor înclinați să abandonăm sau cel puțin să modificăm acest program [5].

Scopul acestei discuții a fost doar să arate următoarele. Ajungem la concepții teoretice foarte puțin plauzibile dacă încercăm să susținem teza că teoria cuantică statistică este, în principiu, capabilă să producă o descriere completă a unui sistem fizic individual. Pe de altă parte, aceste dificultăți ale interpretării teoretice dispar dacă considerăm descrierea mecanic-cuantică ca descrierea unor ansambluri de sisteme.

Am ajuns la acest rezultat pe temeiul unor considerații din cele mai diferite. Sînt convins că orice om care își va lua osteneala să ducă pînă la capăt, în mod conștiincios, asemenea reflecții se va vedea condus, în cele din urmă, la această interpretare a descrierii cuantic-teoretice (și anume că funcția ψ trebuie înțeleasă ca o descriere nu a unui sistem individual, ci a unui ansamblu de sisteme).

În linii mari, rezultatul este acesta: În cadrul teoriei cuantice statistice nu există o descriere completă a sistemului individual. Mai precaut, ne-am putea exprima astfel: Încercarea de a concepe descrierea cuantic-teoretică drept descriere completă a sistemelor individuale conduce la interpretări teoretice nenaturale, care devin lipsite de utilitate de îndată ce acceptăm interpretarea că descrierea se referă la ansambluri de sisteme și nu la sisteme individuale. În acest caz, întregul „mers pe ouă“ realizat în scopul de a ocoli „realul fizic“ *(Physikalisch-Realen)* devine de prisos. Există totuși un motiv psihologic simplu pentru faptul că această interpretare mai evidentă este ocolită. Căci dacă teoria cuantică statistică nu pretinde să descrie sistemul individual (și dezvoltarea lui în timp) în mod complet, apare inevitabil să căutăm altundeva o descriere completă a sistemului individual; în acest caz ar fi clar de la bun început că elementele unei asemenea descrieri nu sînt conținute în schema conceptuală a teoriei cuantice statistice. Prin aceasta am

admite că această schemă nu poate servi, în principiu, ca bază a fizicii teoretice. Presupunînd că eforturile de a realiza o descriere fizică completă vor fi încununate de succes, teoria cuantică statistică ar urma să ocupe, în cadrul fizicii viitoare, o poziție aproximativ analogă cu aceea pe care o ocupă mecanica statistică în cadrul mecanicii clasice. Sînt pe deplin convins că dezvoltarea fizicii teoretice va fi de acest tip; dar drumul va fi lung și anevoios [6].

Îmi imaginez acum un teoretician al cuantelor care admite, ce-i drept, că descrierea cuantic-teoretică se referă la ansambluri de sisteme și nu la sisteme individuale, dar care, cu toate acestea, rămîne credincios ideii că tipul de descriere al teoriei cuantice statistice va fi menținut în viitor în trăsăturile lui esențiale. El va putea argumenta în felul următor: Recunosc că descrierea cuantic-teoretică este o descriere incompletă a unui sistem individual; recunosc chiar și că o descriere teoretică completă poate fi, în principiu, gîndită; consider însă drept dovedit că o căutare a unei asemenea descrieri complete nu ar avea nici un rost; căci legitatea naturii este constituită în așa fel încît legile pot fi formulate în mod complet și convenabil în cadrul descrierii noastre incomplete.

La acestea pot să răspund doar așa: Punctul vostru de vedere — luat ca posibilitate teoretică — este incontestabil. Totuși, mie mi se pare mai naturală speranța că formularea adecvată a legilor universale va implica *toate* elementele conceptuale care sînt necesare pentru o descriere completă. În plus, nu este prea surprinzător că utilizînd o descriere incompletă să putem obține prin ea (în principal) numai enunțuri statistice. Dacă ar fi posibil să înaintăm spre o descriere completă este probabil că legile ar reprezenta relații între elementele conceptuale ale acestei descrieri care, în sine, nu trebuie să aibă nimic în comun cu statistica.

Încă cîteva observații de natură generală cu privire la concepte și cu privire la insinuarea că un concept, de exemplu, cel al realului, este ceva metafizic (și trebuie, prin urmare, să fie respins). O distincție conceptuală fundamentală, care este premisa necesară a gîndirii științifice și preștiințifice, este distincția dintre „impresii senzoriale“ (și reamintirea unor astfel de impresii), pe de o parte, și simple idei *(Vorstellungen)*, pe de altă parte. Nu există o definiție conceptuală a acestei distincții (lăsînd la o parte definițiile circulare,

adică definițiile care fac apel, în mod ascuns, la obiectul care urmează să fie definit). Nu se poate nici susține că la baza acestei distincții stă o evidență, ca de exemplu cea care susține distincția dintre roșu și albastru. Pe de altă parte, avem nevoie de această distincție pentru a putea înfrînge solipsismul. Soluția: ne folosim de această distincție fără a ține seama de reproșul că, procedînd astfel, ne facem vinovați de păcatul metafizic originar. Considerăm distincția drept o categorie, pe care o folosim pentru a ne putea orienta mai bine în lumea senzațiilor imediate. „Sensul" și justificarea distincției stă pur și simplu în această prestație. Aceasta însă este doar un prim pas. Ne reprezentăm impresiile senzoriale ca fiind condiționate de un factor „obiectiv" și de unul „subiectiv". O justificare logico-filozofică nu există nici pentru această distincție conceptuală. Dar dacă o respingem nu putem scăpa de solipsism. Distincția este de asemenea presupoziția oricărui gen de gîndire fizică. Și aici, singura justificare stă în utilitatea ei. Avem de-a face cu „categorii" sau scheme de gîndire a căror alegere depinde, în principiu, în întregime de noi și a căror îndreptățire poate fi judecată numai după măsura în care folosirea lor face inteligibilă totalitatea conținuturilor conștiinței. Factorul numit mai sus „obiectiv" constă în totalitatea acelor concepții și relații conceptuale ce sînt gîndite ca independente de trăiri, adică de percepții. Cît timp ne mișcăm înăuntrul acestei sfere de gîndire, fixată programatic, gîndim în mod fizic. În măsura în care gîndirea fizică, în sensul indicat de mai multe ori, se justifică prin capacitatea de a cuprinde intelectual trăirile, o considerăm drept „cunoaștere a realului".

Potrivit celor spuse, „realul" în fizică trebuie conceput ca un fel de program la care nu sîntem, totuși, obligați să aderăm *a priori*. Nimeni nu este probabil înclinat să abandoneze acest program în domeniul „macroscopic" (localizarea semnului pe banda de hîrtie „reală"). „Macroscopicul" și „microscopicul" sînt însă intercorelate în așa fel încît abandonarea acestui program în domeniul „microscopicului" apare ca nepotrivită. Nu pot să văd, de asemenea, nici în faptele de observație ale domeniului cuantic un motiv pentru aceasta, dacă nu adoptăm *a priori* teza că descrierea naturii prin schema statistică a mecanicii cuantice trebuie concepută ca una definitivă.

Concepția susținută se deosebește de cea a lui Kant numai prin faptul că noi nu concepem „categoriile“ ca imuabile (condiționate de natura intelectului), ci drept postulate libere (în sens logic). Ele apar ca fiind *a priori* numai în măsura în care a gîndi fără postularea categoriilor și, în genere, a conceptelor, ar fi tot așa de imposibil ca și respirația în vid.

Din aceste observații sărace se poate vedea că mi se pare o greșeală să se admită că descrierea teoretică depinde direct de aserțiuni empirice, după cum mi se pare că se intenționează, de exemplu, în principiul complementarității al lui Bohr, a cărui formulare precisă nu mi-a reușit de altfel în ciuda marilor eforturi pe care le-am depus în acest scop [7]. După părerea mea, rezultatele măsurătorilor pot interveni numai drept cazuri speciale, adică drept părți ale descrierii fizice, cărora nu le pot atribui vreo poziție specială în raport cu restul.

Articolele lui Bohr și Pauli menționate mai sus conțin o apreciere istorică a eforturilor mele în domeniul fizicii statistice și a cuantelor și, în plus, o învinuire adusă în modul cel mai prietenesc. În cea mai scurtă formulare, aceasta din urmă ar suna astfel: „Aderență fermă la teoria clasică“. Această învinuire cere fie o apărare, fie recunoașterea vinovăției. Atît una, cît și cealaltă, sînt însă considerabil îngreunate de faptul că nu este cîtuși de puțin clar ce se înțelege prin „teorie clasică“. Teoria lui Newton merită numele de teorie clasică. Cu toate acestea, s-a renunțat la ea atunci cînd Maxwell și Hertz au arătat că ideea acțiunii la distanță trebuie părăsită și că nu putem să ne descurcăm fără ideea „cîmpurilor“ continuie [8]. S-a impus repede părerea potrivit căreia cîmpurile continuie par să fie singurele concepte fundamentale acceptabile care trebuie să stea la baza teoriei particulelor elementare. Această concepție a devenit, pentru a spune așa, „clasică“, dar din ea nu s-a dezvoltat o *teorie* propriu-zisă și în principiu completă. Teoria cîmpului electric a lui Maxwell a rămas doar un trunchi, fiindcă nu a fost în stare să formuleze legi cu privire la comportarea densității electrice, fără de care nu poate exista, totuși, cîmp electromagnetic. În mod analog, teoria generală a relativității a oferit o teorie a gravitației bazată pe cîmp *(Feldtheorie der Gravitation)*, dar nu o teorie a maselor ce creează cîmp. (Aceste observații presupun, ca ceva de la sine înțeles, că o teorie

a cîmpului nu poate să conțină nici un fel de singularități, adică nici un fel de locuri sau părți ale spațiului în care să nu fie valabile legile cîmpului.)

În consecință, nu există astăzi, strict vorbind, ceva de felul teoriei clasice a cîmpului; nu se poate, așadar, adera în mod ferm la ea. Teoria cîmpului există totuși ca un program: „funcții continue în continuu-ul cvadridimensional drept concepte fundamentale ale teoriei". Mi se poate atribui pe bună dreptate aderența fermă la acest program. Temeiul mai profund pentru aceasta stă în următoarele. Teoria gravitației mi-a arătat că neliniaritatea acestor ecuații are drept consecință faptul că această teorie *produce* peste tot interacțiuni între structuri (lucruri localizate). Căutarea pe cale teoretică a ecuațiilor neliniare este fără speranță (datorită varietății prea mari de posibilități) dacă nu este aplicat principiul general al relativității (invarianță față de transformări generale, continuie ale coordonatelor). Se pare totuși că deocamdată formularea acestui principiu nu este posibilă, dacă se caută să se devieze de la programul de mai sus. În aceasta constă constrîngerea pe care nu o pot evita. Aceasta pentru justificarea a ceea ce fac [9].

Mă văd, totuși, silit să slăbesc această justificare printr-o mărturisire. Dacă nu ținem seama de structura cuantică, putem justifica introducerea lui g_{ik} „în mod operațional", invocînd faptul că ne putem cu greu îndoi de realitatea fizică a „conului de lumină" elementar care aparține unui punct. Procedînd astfel facem uz în mod implicit de existența unui semnal luminos oricît de precis. În ceea ce privește realitățile cuantice, un asemenea semnal implică, totuși, frecvențe și energii infinit de mari și, prin urmare, o distrugere completă a cîmpului ce urmează să fie determinat. O asemenea întemeiere fizică pentru introducerea lui g_{ik} cade, așadar, dacă nu cumva ne limităm la domeniul „macroscopicului". Aplicarea bazei formale a teoriei generale a relativității la domeniul „microscopic" poate, prin urmare, să fie întemeiată numai pe faptul că acel tensor este structura formală covariantă cea mai simplă care poate fi luată în considerare. O asemenea argumentare nu are însă nici o greutate pentru cel care se îndoiește că trebuie să aderăm la continuu în general. Tot respectul pentru această îndoială, dar unde altundeva există un drum practicabil?

Mă voi referi acum la tema relației teoriei relativității cu filozofia. Aici vine în discuție lucrarea lui Reichenbach, care prin precizia deducțiilor și ascuțimea afirmațiilor incită în mod irezistibil la un scurt comentariu. Discuția lucidă cuprinsă în articolul lui Robertson este interesantă în primul rînd din punct de vedere epistemologic general, cu toate că el se limitează la tema mai restrînsă „teoria relativității și geometria". La întrebarea: consideri adevărat ceea ce spune aici Reichenbach, eu pot răspunde numai cu vestita întrebare a lui Pilat: „Ce este adevărul?"

Să examinăm mai întîi, mai îndeaproape, întrebarea: este geometria, considerată din punct de vedere fizic, verificabilă (adică falsificabilă) sau nu? Reichenbach, împreună cu Helmholtz, spune: da, dacă presupunem că există corpuri solide date empiric ce satisfac conceptul „distanță". Poincaré spune nu și este de aceea condamnat de Reichenbach. Să ne închipuim următoarea discuție scurtă:

Poincaré: Corpurile date empiric nu sînt rigide și, în consecință, nu pot fi utilizate drept întruchipare a intervalelor geometrice. Prin urmare, teoremele geometriei nu sînt verificabile.

Reichenbach: Admit că nu există corpuri ce pot fi invocate *nemijlocit* pentru „definiția reală" a intervalului. Această definiție reală poate fi totuși formulată dacă se ia în considerație dependența de temperatură a volumului, elasticitatea, rezistența electrică și magnetică etc. Că aceasta este realmente cu putință fără contradicție a arătat-o, totuși, fizica clasică.

Poincaré: Pentru a dobîndi definiția reală, îmbunătățită de tine, ai utilizat legi fizice, a căror formulare presupune (în acest caz) geometria euclidiană. Verificarea despre care ai vorbit se referă, așadar, nu numai la geometrie, ci la întregul sistem de legi fizice ce este pus la bază. O testare a geometriei, luată izolat, nu poate fi deci gîndită. De ce nu poate fi pe de-a întregul la latitudinea mea să aleg geometria în funcție de considerente de comoditate (adică să aleg geometria euclidiană) și să pun de acord celelalte legi („fizice", în sensul obișnuit al cuvîntului) cu această alegere, în așa fel încît să nu poată apărea o contradicție a întregului cu experiența?

(Conversația nu poate fi continuată în acest fel deoarece respectul celui ce scrie aceste rînduri pentru superioritatea lui Poincaré ca gînditor și ca autor nu o permite; de aceea,

în cele ce urmează, Poincaré este înlocuit cu un antipozitivist anonim [10].)

Reichenbach: Există ceva ispititor în această concepție. Pe de altă parte, este însă demn de atenție că (în fizica prerelativistă) aderența la semnificația obiectivă a lungimii și la interpretarea diferențelor dintre coordonate ca distanțe nu a dus la complicații atît timp cît nu este vorba de acele fenomene la care vitezele joacă un rol ce nu este de neglijat în raport cu viteza luminii. Nu sîntem oare îndreptățiți, pe temeiul acestui fapt uimitor, să operăm mai departe, cel puțin cu titlu de încercare, cu conceptul lungimii măsurabile, ca și cum ar exista etaloane de măsură rigide? În orice caz lui Einstein i-ar fi fost imposibil *de facto* (chiar dacă nu în mod teoretic) să stabilească teoria relativității dacă nu ar fi aderat la semnificația obiectivă a lungimii „măsurabile" [11].

Împotriva sugestiei lui Poincaré trebuie subliniat că ceea ce contează nu este pur și simplu simplitatea geometriei, luată izolat, ci, mai degrabă, cea mai mare simplitate posibilă a întregii fizici (inclusiv a geometriei). Este ceea ce e implicat, în primă instanță, în faptul că astăzi va trebui să respingem drept nepotrivită sugestia de a adera la geometria euclidiană.

Antipozitivistul: Dacă, în împrejurările amintite, socoți distanța drept un concept legitim, cum rămîne cu principiul tău (semnificație = verificabilitate)? Nu vei fi silit oare să tăgăduiești semnificația propozițiilor geometrice și să recunoști numai semnificația celor ale teoriei pe deplin dezvoltate a relativității (care, oricum, nu există în genere ca un produs finit)? Nu trebuie oare să recunoști că noțiunile și propozițiile izolate ale unei teorii fizice nu au „semnificație" în sensul tău, ci numai sistemul în întregul lui, în măsura în care face „inteligibil" ceea ce este dat în experiență? De ce ar avea nevoie noțiunile izolate, care intervin într-o teorie, de o justificare aparte, dacă ele sînt indispensabile numai în cadrul structurii logice a teoriei, iar teoria se validează ca întreg?

În afară de aceasta, mi se pare că nu apreciezi cum se cuvine realizarea filozofică cu adevărat semnificativă a lui Kant. De la Hume, Kant a învățat că există concepte (de exemplu, cel al corelației cauzale) care joacă un rol dominant în gîndirea noastră și care, totuși, nu pot fi deduse cu ajutorul unor procese logice din datele empirice (un fapt pe care unii

empiriști îl recunosc, ce-i drept, dar pe care pare-se, îl tot uită. Prin ce este îndreptățită folosirea acestor concepte? Să presupunem că el ar fi răspuns în sensul următor: gîndirea este necesară pentru a înțelege ceea ce este dat empiric, *iar conceptele și „categoriile" sînt necesare ca elemente de neînlocuit ale gîndirii.* Dacă el s-ar fi mulțumit cu un asemenea răspuns ar fi putut evita scepticismul și nu ar fi trebuit să-l dojenești. El a fost însă indus în eroare de părerea greșită, greu de ocolit în vremea sa, că geometria euclidiană este o necesitate a gîndirii și oferă cunoștințe *sigure* (adică independente de experiența senzorială) cu privire la obiectele percepției „externe". Pornind de la această greșeală ușor de înțeles, el a dedus existența judecăților sintetice *a priori*, care sînt produse de rațiunea singură și pot pretinde de aceea o validitate absolută. Cred că dojana ta este îndreptată mai puțin împotriva lui Kant însuși decît împotriva celor care mai susțin și astăzi ideile greșite despre existența „judecăților sintetice *a priori*" [12].

Mi-e greu să-mi închipui ceva mai stimulativ ca bază de discuție într-un seminar de teoria cunoașterii decît acest scurt articol al lui Reichenbach (cel mai bine luat împreună cu articolul lui Robertson).

Ceea ce s-a discutat pînă acum este strîns legat de articolul lui Bridgman, astfel încît voi putea să mă exprim foarte scurt fără a trebui să mă tem prea mult că voi fi prost înțeles. Pentru a putea considera un sistem logic drept o teorie fizică nu este necesar să se ceară ca toate aserțiunile lui să fie interpretate și „testate" în mod „operațional", independent una de alta; *de facto* această cerință nu a fost satisfăcută de nici o teorie și nici nu poate fi satisfăcută. Pentru a putea considera o teorie drept teorie *fizică* este necesar doar ca ea să implice, în genere, enunțuri testabile în mod empiric [13].

Această formulare este cu totul imprecisă în măsura în care „testabilitatea" este o însușire care nu se referă doar la enunț, ci la coordonarea conceptelor conținute în el cu trăirile senzoriale. Nu este însă necesar să se intre în discuția acestei probleme complicate în măsura în care nu este probabil că există aici deosebiri esențiale de opinii.

Margenau. Acest articol conține cîteva observații originale, de ordin particular, pe care trebuie să le examinez în mod separat.

Privitor la secțiunea 1 a articolului său: „Poziția lui Einstein conține trăsături de raționalism și de asemenea de

empirism extrem...". Această observație este pe de-a întregul corectă. De unde vine această oscilație? Un sistem logic de concepte este fizică în măsura în care conceptele și enunțurile sale sînt puse în mod necesar în relație cu lumea trăirilor senzoriale. Oricine încearcă să stabilească un asemenea sistem va găsi o piedică primejdioasă în alegerea arbitrară *(embarras de richesse)*. De aceea, el încearcă să lege conceptele sale într-un mod cît mai direct și mai necesar cu lumea trăirilor senzoriale. În acest sens, atitudinea lui este empiristă. Această cale este adesea fertilă, dar întotdeauna atacabilă, deoarece conceptul izolat și asertiunea separată pot, pînă la urmă, să enunțe ceva ce poate fi confruntat cu ceea ce este dat empiric numai prin relația lor cu întregul sistem. El recunoaște astfel că nu există o cale logică de la ceea ce este dat empiric la acea lume a conceptelor. Atitudinea lui devine atunci mai degrabă raționalistă deoarece el recunoaște independența logică a sistemului. Primejdia legată de această situare stă în aceea că în căutarea sistemului se poate pierde orice contact cu experiența. O oscilație între aceste extreme mi se pare inevitabilă [14].

Privitor la secțiunea 2: Nu am crescut în tradiția kantiană, dar am ajuns să înțeleg abia mai tîrziu elementul prețios al acestei doctrine, alături de erorile care sînt astăzi evidente. Acest element stă în propoziția: „realul nu ne este dat, ci stă în fața noastră (ca o enigmă ce urmează să fie dezlegată)". Aceasta înseamnă că există ceva de felul unei construcții conceptuale pentru prinderea a ceea ce are valabilitate interpersonală și că autoritatea acestei construcții se întemeiază în întregime pe confirmarea ei. Această construcție conceptuală se referă tocmai la „real" (prin definiție) și orice altă întrebare cu privire la „natura realului" pare lipsită de conținut [15].

Privitor la secțiunea 4: Această discuție nu m-a convins deloc. Căci este prin sine clar că orice mărime și orice enunț al unei teorii pretind „semnificație obiectivă" (în cadrul teoriei). O problemă se ridică abia atunci cînd atribuim unei teorii caracteristici de grup *(Gruppeneigenschaften)*, adică presupunem sau postulăm că aceeași situație fizică admite cîteva moduri de descriere, ce trebuie să fie considerate la fel de îndreptățite. Căci în acest caz nu putem în mod evident să atribuim o semnificație obiectivă mărimilor separate care nu pot fi eliminate (de exemplu, componentei X a vitezei unei particule sau coordonatelor ei X). În această situație,

care a existat întotdeauna în fizică, trebuie să ne limităm să atribuim semnificație obiectivă legilor generale ale teoriei, cu alte cuvinte trebuie să cerem ca aceste legi să fie valide pentru orice descriere a sistemului, care este recunoscută ca îndreptățită în raport cu grupul. Nu este, așadar, adevărat că „obiectivitatea“ presupune o caracteristică de grup, ci, dimpotrivă, caracteristici de grup ne constrîng la o rafinare a conceptului de obiectivitate. Postularea unor caracteristici de grup este atît de importantă din punct de vedere euristic pentru teorie deoarece aceste caracteristici limitează întotdeauna considerabil varietatea legilor care sînt semnificative din punct de vedere matematic. Caracteristicile de grup, se afirmă după aceea, condiționează faptul că legile trebuie să aibă forma ecuațiilor diferențiale; nu pot să înțeleg deloc acest lucru. Apoi, Margenau afirmă că legile exprimate prin ecuații diferențiale (mai ales prin cele parțiale) ar fi „mai puțin specifice“. Pe ce-și întemeiază el afirmația? Dacă ele s-ar dovedi corecte, atunci încercarea de a întemeia fizica pe ecuații diferențiale ar fi lipsită de orice perspectivă. Sîntem însă, totuși, departe de a fi în stare de a judeca dacă legi diferențiale de tipul celor considerate au în general soluții care sînt, pretutindeni, lipsite de singularități; și în cazul că răspunsul este da, dacă există prea multe asemenea soluții.

Și acum, doar o observație cu privire la discuția asupra paradoxului Einstein—Podolski—Rosen. Nu cred că apărarea de către Margeanu a poziției cuantice „ortodoxe“ (cuvîntul „ortodox“ se referă la teza că funcția ψ caracterizează sistemul individual în mod exhaustiv) atinge aspectele esențiale. Dintre teoreticienii cuantelor de orientare „ortodoxă“ a căror poziție o cunosc mi se pare că punctul de vedere al lui Niels Bohr se apropie cel mai mult de o înțelegere corectă a problemei. Argumentarea lui, tradusă în modul meu de a mă exprima, este următoarea:

Dacă sistemele parțiale A și B formează un sistem total care este descris de funcția lui ψ, ψ / (AB), nu există nici un motiv pentru a atribui sistemelor parțiale A și B, considerate separat, vreo existență independentă (stare reală), *nici chiar atunci cînd sistemele parțiale sînt separate spațial unul de celălalt într-un moment al timpului, care este luat în considerație.* Afirmația că, în acest ultim caz, situația reală a lui B nu poate fi influențată (în mod direct) de nici o măsură-

toare realizată asupra lui A este, deci, în cadrul teoriei cuantice, neîntemeiată și (cum arată paradoxul) inacceptabilă.

Privind lucrurile în acest fel devine evident că paradoxul ne silește să abandonăm unul din următoarele două enunțuri:

(1) descrierea cu ajutorul funcției ψ este *completă*;

(2) stările reale ale lucrurilor separate spațial sînt independente una de alta[16].

Este cu putință însă să păstrăm enunțul (2) dacă se consideră funcția ψ ca descrierea (statistică) unui ansamblu de sisteme (renunțînd deci la enunțul (1)). Această concepție distruge însă cadrul „teoriei cuantice ortodoxe".

Încă o observație cu privire la secțiunea 7 a articolului lui Margenau. În caracterizarea mecanicii cuantice poate fi întîlnită următoarea propoziție scurtă: ea corespunde dinamicii obișnuite a teoriei clasice. Această afirmație este în întregime corectă—*cum grano salis*; și tocmai acest *granum salis* este semnificativ pentru problema interpretării.

Dacă este vorba de mase macroscopice (bile de biliard sau stele), atunci avem de-a face cu unde-de Broglie foarte scurte, care sînt determinante pentru comportarea centrului de greutate al unor asemenea mase. Acesta este motivul pentru care putem adopta descrierea cuantic-teoretică pentru un anumit interval de timp în așa fel încît ea devine suficient de precisă pentru o examinare macroscopică atît în ceea ce privește poziția cît și momentul. Este adevărat, de asemenea, că această precizie se menține pentru o perioadă lungă de timp și că cvasipunctele reprezentate astfel se comportă exact ca și masele punctuale ale mecanicii clasice. Teoria arată, totuși, că după o perioadă destul de lungă de timp caracterul punctual al funcției ψ se pierde complet pentru coordonatele centrelor de greutate, astfel încît nu se mai poate vorbi de vreo cvasilocalizare a centrelor de greutate. Imaginea devine acum, de exemplu, pentru un macropunct de masă izolat, cu totul asemănătoare cu cea pentru un electron liber izolat.

Dacă consider, acum, potrivit concepției ortodoxe, funcția ψ ca o descriere completă a unei stări reale pentru cazul individual, nu mai pot să nu gîndesc imprecizia principial nelimitată a stării obiectului (macroscopic) ca fiind *reală*. Pe de altă parte, noi știm însă că prin iluminarea corpului cu ajutorul unei lanterne în repaus în raport cu sistemul de coordonate, primim o determinare precisă a poziției (judecată

macroscopic). Pentru a înțelege acest lucru trebuie să presupun că orice localizare precisă nu este determinată doar de starea reală a corpului observat, ci și de actul iluminării. Acesta este din nou un paradox (asemănător cu semnul pe banda de hîrtie din exemplul amintit mai sus). Năluca dispare numai dacă se renunță la punctul de vedere ortodox, după care funcția este acceptată ca o descriere completă a sistemului singular.

Toate considerațiile de acest fel ar putea să apară ca subtilități savante de prisos care nu au nimic de-a face cu fizica propriu-zisă. Totuși tocmai de asemenea considerații depinde în ce direcție se crede că va trebui să căutăm baza conceptuală viitoare a fizicii [17].

Închei aceste dezvoltări cu privire la interpretarea teoriei cuantice, care s-au extins destul de mult, reproducînd o scurtă conversație pe care am avut-o cu un fizician teoretician de seamă. El: „Sînt înclinat să cred în telepatie." Eu: „Aceasta are probabil mai mult de-a face cu fizica decît cu psihologia." El: „Da." [18].

Articolele lui Lenzen și Northrop își propun amîndouă să trateze în mod sistematic afirmațiile mele epistemologice ocazionale. Pornind de la aceste afirmații, Lenzen construiește o imagine sistematică de ansamblu, în cadrul căreia ceea ce lipsește în afirmațiile mele este completat cu grijă și cu delicată sensibilitate. Tot ce se spune aici mi se pare convingător și corect. Northrop ia aceste exprimări ca un punct de plecare pentru o critică comparativă a marilor sisteme epistemologice. Eu văd în această critică o capodoperă de gîndire nepărtinitoare și descriere concisă, care nu-și permite nici un moment să se abată de la ceea ce este esențial.

Relația reciprocă dintre teoria cunoașterii și știință este de un fel demn de remarcat. Ele depind una de alta. Teoria cunoașterii fără legătură cu știința devine o schemă goală. Știința fără teoria cunoașterii, în măsura în care așa ceva poate fi în general gîndit, este primitivă și confuză [19]. Odată ce teoreticianul cunoașterii, care caută un sistem clar, a ajuns la un asemenea sistem, el este înclinat să interpreteze conținutul de idei al științei în sensul sistemului lui și să respingă tot ce nu se potrivește cu acesta. Pe de altă parte, omul de știință nu își poate permite să împingă atît de departe năzuința lui spre sistematizare epistemologică. El acceptă cu recunoștință analiza epistemologică a conceptelor; dar

condițiile exterioare care îi sînt fixate de faptele experienței nu-i permit să se lase limitat prea mult în construcția lumii lui conceptuale de aderența la un sistem epistemologic [20]. El va trebui să apară, așadar, teoreticianului sistematic al cunoașterii ca un anume fel de oportunist lipsit de scrupule: el apare ca realist în măsura în care încearcă să descrie o lume independentă de actele percepției; ca idealist în măsura în care privește conceptele și teoriile ca invenții pure ale spiritului uman (nederivabile logic din ceea ce este dat empiric); ca *pozitivist* în măsura în care el consideră conceptele și teoriile lui ca fiind întemeiate *numai* în măsura în care ele oferă o reprezentare logică a relațiilor dintre trăirile senzoriale. El poate să apară chiar ca *platonist* sau *pitagorician* în măsura în care consideră punctul de vedere al simplității logice ca un instrument indispensabil și efectiv al cercetării sale [21].

Toate acestea sînt explicate foarte bine în articolele lui Lenzen și Northrop.

Și acum cîteva considerații cu privire la articolele lui E. A. Milne, G. Lemaître și L. Infeld despre problema cosmologică.

În ce privește reflecțiile ingenioase ale lui Milne pot să spun doar că găsesc baza lor teoretică ca fiind prea îngustă. Din punctul meu de vedere nu se poate ajunge, pe cale teoretică, la rezultate demne de încredere în cosmologie, cel puțin într-o anumită măsură, dacă nu este utilizat principiul general al relativității.

În ceea ce privește argumentele lui Lemaître în favoarea așa-numitei „constante cosmologice" în ecuațiile gravitației, trebuie să mărturisesc că aceste argumente nu îmi apar drept suficient de convingătoare ținînd seama de starea actuală a cunoașterii.

Introducerea unei asemenea constante implică renunțarea, într-o măsură considerabilă, la simplitatea logică a teoriei, o renunțare care mi se pare inevitabilă numai atît timp cît nu avem nici un temei să punem la îndoială natura în mod esențial statistică a spațiului. După descoperirea de către Hubble a expansiunii sistemului stelar și de la descoperirea lui Friedmann că ecuațiile fără adaosuri *(zusatzfreie)* implică posibilitatea existenței unei densități medii (pozitive) a materiei într-un univers în expansiune, introducerea unei asemenea constante îmi apare astăzi ca nejustificată din punct de vedere teoretic.

Situația este complicată de faptul că întreaga durată a expansiunii spațiului pînă în prezent, dacă luăm ca bază ecuațiile în forma lor cea mai simplă, se dovedește a fi mai mică decît apare credibil ținînd seama de vîrsta stabilită, într-un mod demn de încredere, a mineralelor terestre. Dar introducerea „constantei cosmologice" nu oferă cîtuși de puțin o cale naturală de ieșire din această dificultate. Această din urmă dificultate este dată prin valoarea numerică a constantei de expansiune a lui Hubble și măsurarea vîrstei mineralelor, complet independentă de orice teorie cosmologică, presupunînd că interpretăm efectul Hubble ca efect Doppler.

Totul depinde în cele din urmă de întrebarea: poate o linie spectrală să fie considerată ca o măsură a „timpului propriu" *(Eigenzeit)* ds ($ds^2 = g_{ik}\ dx_i\ dx_k$), dacă luăm în considerare regiuni de dimensiuni cosmice? Există în genere un obiect natural care încorporează „etalonul de măsurare natural", în mod independent de poziția lui în spațiul cu patru dimensiuni? Răspunsul afirmativ la această întrebare a făcut posibilă, *din punct de vedere psihologic*, formularea teoriei generale a relativității; această supoziție nu este însă necesară din punct de vedere logic. Pentru construcția actualei teorii a relativității sînt esențiale următoarele:

(1) Obiectele fizice sînt descrise prin funcții continuie, variabile ale cîmpului cu patru coordonate. Atît timp cît conexiunea topologică este păstrată, acestea din urmă pot fi alese în mod liber.

(2) Variabilele cîmpului sînt componente ale tensorilor; printre tensori există un tensor simetric g_{ik} pentru descrierea cîmpului gravitațional.

(3) Există obiecte fizice care măsoară (în cîmpul macroscopic) invariantul ds.

Dacă enunțurile (1) și (2) sînt acceptate, enunțul (3) este plauzibil dar nu necesar. Construcția teoriei matematice se sprijină exclusiv pe enunțurile (1) și (2).

O teorie *completă* a fizicii ca totalitate, în acord cu enunțurile (1) și (2), nu există încă. Dacă ar exista, nu ar fi loc pentru supoziția (3). Căci obiectele folosite ca instrumente de măsurare nu duc o existență de sine stătătoare, alături de obiectele pe care le implică ecuațiile cîmpului. Nu este necesar să ne lăsăm frînați în reflecțiile noastre cosmologice de o asemenea atitudine sceptică; și nici nu ar trebui să respingem de la început asemenea reflecții.

Aceste considerații mă conduc la articolul lui Karl Menger. Căci faptele din domeniul cuantelor sugerează bănuiala că va trebui să ne îndoim de utiliatea ultimă a programului caracterizat de enunțurile (1) și (2). Există posibilitatea de a pune la îndoială numai enunțul (2) și să ne îndoim astfel de posibilitatea unei formulări adecvate a legilor prin ecuații diferențiale, fără a abandona enunțul (1). Cea mai radicală sforțare de a renunța la enunțurile (1) și (2) mi se pare mie, și cred și doctorului Menger, a fi și mai la îndemînă. Atît timp cît cineva nu are noi concepte care i se par destul de rezistente, se rămîne la simpla îndoială; acesta este, din păcate, cazul meu. Aderența mea la continuu nu decurge dintr-o prejudecată, ci din împrejurarea că nu am fost în stare să găsesc ceva organic care să-i ia locul [22]. Cum se poate păstra în esență (sau cu aproximație) cvadridimensionalitatea și renunța în același timp la continuu?

Articolul lui L. Infeld este o introducere excelentă, care poate fi înțeleasă în mod independent în așa-numita „problemă cosmologică" a teoriei relativității, care examinează în mod critic toate punctele esențiale.

Max von Laue: o cercetare istorică asupra dezvoltării principiilor de conservare, care, după părerea mea, are o valoare durabilă. Cred că ar merita ca acest articol să fie făcut accesibil studenților prin publicarea lui separată.

În ciuda unor străduințe sîrguincioase, nu am reușit să înțeleg pe deplin articolul lui H. Dingle, nici cel puțin în ceea ce privește țelul pe care îl urmărește. Trebuie dezvoltată ideea teoriei speciale a relativității în sensul postulării unor noi caracteristici de grup, care nu sînt implicate de invarianța Lorentz? Sînt aceste postulate întemeiate empiric sau doar „puse" cu titlu de încercare? Pe ce se întemeiază încrederea în existența unor asemenea caracteristici de grup?

Articolul lui Kurt Gődel constituie, după părerea mea, o însemnată contribuție la teoria generală a relativității, în special la analiza conceptului de timp. Problema în discuție aici m-a neliniștit încă în perioada stabilirii teoriei generale a relativității, fără să fi fost în stare să o clarific. Făcînd cu totul abstracție de relația teoriei relativității cu filozofia idealistă, și în genere cu orice interogație filozofică problema se prezintă astfel:

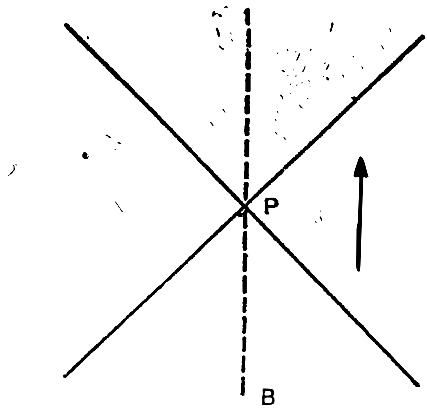


Fig. 5

Dacă P este un punct în lume *(Weltpunkt)*, lui îi aparține un „con de lumină“ ($ds^2 = 0$). Trasăm prin P o linie a lumii „de tip temporal“ *(Zeitartige)* și de-a lungul acestei linii observăm punctele în lume apropiate A și B, separate prin P. Are sens să înzestrăm linia lumii cu o săgeată și să afirmăm că B este *înaintea* lui P, iar A *după* P? Este aceasta ceea ce rămîne din relația temporală între puncte ale lumii în teoria relativității, o relație asimetrică, sau am fi tot atît de îndreptățiți din punct de vedere fizic să dăm săgeții direcția opusă și să afirmăm că A este *înaintea* lui P, iar B *după* P? Alternativa este decisă, mai întîi, în sens negativ, dacă sîntem îndreptățiți să spunem: dacă este posibil să transmitem un semnal de la B spre A (care trece la o distanță foarte mică de P), dar nu de la A la B, atunci caracterul orientat asimetric) al timpului este asigurat, adică nu există o alegere liberă a direcției săgeții. Esențial în această privință este faptul că transmiterea unui semnal este un proces ireversibil în sensul termodinamicii, un proces care este legat de creșterea entropiei (în timp ce, *potrivit cunoașterii noastre actuale*, toate procesele elementare sînt reversibile).

Dacă însă B și A sînt două puncte ale lumii suficient de învecinate, care pot fi unite printr-o linie de tip temporal, atunci enunțul: „B este înaintea lui A“ are sens fizic obiectiv. Are acest enunț sens și atunci cînd punctele care pot fi legate

printr-o linie de tip temporal sînt arbitrar de îndepărtate unul de celălalt? Desigur că nu, dacă există serii de puncte ce pot fi unite de linii de tip temporal astfel încît fiecare punct îl precede pe cel anterior din punct de vedere temporal și *seria este închisă în ea însăși.* În acest caz, distincția mai devreme-mai tîrziu este abandonată pentru puncte ale lumii care sînt situate la distanțe mari în sens cosmologic și iau naștere acele paradoxuri privitoare la conexiunea cauzală orientată despre care a vorbit domnul Gődel.

Asemenea soluții cosmologice ale ecuațiilor gravitației (cu constantă Δ care nu dispare) au fost găsite de domnul Gődel. Va fi interesant de cîntărit dacă acestea nu vor trebui excluse pe temeiuri fizice.

*

Am sentimentul supărător că m-am exprimat în acest răspuns nu numai într-un mod oarecum prolix, ci și destul de tăios. Ca dezvinovățire poate servi această observație: te poți certa cu adevărat numai cu frații tăi și cu prietenii apropiați; ceilalți sînt prea străini pentru așa ceva.

P.S. Observațiile de mai sus se referă la articolele care au fost în mîinile mele la sfîrșitul lui ianuarie 1949. Întrucît volumul trebuie să apară în martie, punerea pe hîrtie a acestor observații nu mai putea fi amînată.

După ce ele au fost încheiate, am aflat că publicarea volumului va cunoaște o nouă amînare și că au sosit alte articole importante. Cu toate acestea, am decis să nu mai dezvolt observațiile mele, oricum prea lungi, și să renunț să mai iau poziție față de acele articole care mi-au ajuns în mîini după ce observațiile mele au fost încheiate.

Institutul de Studii Superioare
Princeton, New Jersey
1 februarie 1949

NOTE

1. Acest text al lui Einstein încheie volumul *Albert Einstein — filozof și om de știință*, care este deschis prin *Notele autobiografice*. Este un volum din seria *Biblioteca filozofilor în viață*, editată în S.U.A. de către P. A. Schilpp. În această serie au apărut, începînd din anul 1939 și pînă astăzi, un număr de volume consacrate unor filozofi ca J. Dewey, A. N. Whitehad, B. Russell, G. E. Moore, E. Cassirer, R. Carnap, K. R. Popper, W. V. Quine. Volumul Einstein este singurul dedicat unui creator de știință, care nu s-a îndeletnicit în mod profesional cu filozofia. Este o recunoaștere și o subliniere a însemnătății dimensiunii filozofice a gîndirii lui Einstein. Ca și celelalte lucrări din seria editată de Schilpp, volumul conține patru părți: 1) Autobiografia intelectuală a autorului; 2) Studii interpretative și critice consacrate diferitelor aspecte ale gîndirii sale; 3) Observațiile autorului pe marginea acestor studii; 4) O bibliografie completă a operei sale. Textul este traducerea părții a treia a lucrării. Majoritatea studiilor din volumul Einstein aparțin unor cunoscuți cercetători în domeniul fizicii, astronomiei și matematicii, ca N. Bohr, A. Sommerfeld, L. de Broglie, W. Pauli, M. Born, W. Heitler, Ph. Frank, P. W. Bridgman, E. A. Milne, G. E. Lemaître, K. Menger, M. von Laue, H. Dingle, K. Gödel. Un număr de articole sînt semnate de filozofi: H. Reichenbach, V. Lenzen, F.S.C. Northrop, A. Wenzl, G. Bachelard.

2. Prin această formulare elegantă, Einstein se dezleagă de îndatorirea de a comenta o seamă de articole, cu precădere unele scrise de filozofi ce nu sînt în nici un fel implicați în cercetarea științifică. Interesul dominant al lui Einstein nu se îndreaptă spre teme generale ale teoriei cunoașterii și filozofiei naturii, ci spre clarificarea acelor probleme conceptuale și metodologice ale gîndirii fizice ce sînt în relație directă, nemijlocită cu opțiunile strategice ale cercetătorilor, așa cum reiese foarte clar din considerațiile ce urmează. Dincolo de această motivație, este de presupus că Einstein nu se considera competent pentru a discuta teme „pur filozofice", cum sînt cele ce stau de obicei în centrul atenției filozofilor profesioniști.

3. Radicalitatea acestor considerații ar putea să fie cu greu supraapreciată. Einstein contesta puncte de vedere și supoziții general acceptate în lumea fizicii teoretice în jurul anului 1950, cînd scria aceste rînduri. El contesta cu deosebire supoziția că „teoria cuantică statistică" oferă o explicație satisfăcătoare a faptelor experimentale, îndeosebi a naturii duble, corpusculare și ondulatorii, a particulelor elementare. Se pune la îndoială că natura acestor fenomene ar cere o reconsiderare a criteriilor generale ale descrierii naturii și se denunță supoziția că imposibilitatea explicării lor în cadrul unei teorii fizice de tip clasic ar fi fost dovedită. În particular, se susține că descrierea realității fizice în cadrul unei teorii ce cuprinde numai aserțiuni statistice nu poate să fie una *completă*.

4. „Sîmburele discordiei" este deci de natură filozofică. Autorul indică clar că ceea ce îl desparte de fizicienii care adoptă interpretarea standard a mecanicii cuantice, propusă încă la sfîrșitul deceniului al treilea de Bohr, Heisenberg și Pauli, este în primul rînd o reprezentare asupra condițiilor pe care trebuie să le satisfacă descrierea teoretică

a realității fizice. În linii mari, mersul argumentării lui Einstein este următorul. În primul rînd, susținerea afirmației că mecanica cuantică statistică nu reprezintă o descriere completă a realității fizice și nu poate constitui, așadar, baza fizicii teoretice. În al doilea rînd, apărarea ideii că numai o teorie *completă*, în sensul ce se dă aici termenului, o teorie în cadrul căreia pot fi descrise sisteme individuale, constituie o descriere satisfăcătoare a realității fizice. În al treilea rînd, prospectarea căilor pe care s-ar putea ajunge la elaborarea unei asemenea teorii și la reconstrucția cunoașterii fizice pe o bază unitară.

5. Supoziția ce susține întreaga desfășurare a argumentelor este că există condiții universale ale descrierii teoretice a realității fizice, valabile în egală măsură în macrocosm și în microcosm. O descriere teoretică ce nu satisface idealul clasic al descrierii, adică nu reprezintă, în cuvintele lui Einstein, „o descriere a realității în spațiu și timp" nu va putea fi socotită o descriere *completă* a realității fizice. În acest sens, descrierea mecanic-cuantică a realității fizice este caracterizată de Einstein drept *incompletă*. Fără îndoială că teoreticienii ce acceptă o asemenea concluzie vor cădea de acord că trebuie întreprins ceva pentru a face posibilă o descriere *completă* a realității fizice. Dimpotrivă, acceptarea mecanicii cuantice statistice ca o descriere completă a realității fizice are, după părerea lui Einstein, o influență nefastă în măsura în care face ca asemenea nevoie să nu fie resimțită și să nu se acționeze în direcția satisfacerii ei. Este tocmai ceea ce se va arăta în paragraful următor.

6. Țelul străduințelor lui Einstein pare să fie acela de a-i convinge pe fizicienii teoreticieni că acest drum rămîne deschis și de a-i încuraja să-l urmeze. Ținta atacurilor sale era supoziția larg împărtășită că „tipul de descriere al teoriei cuantice statistice va fi menținut în viitor". Convingerea autorului era că pînă la urmă nu argumentele de principiu, ci doar dezvoltarea în perspectivă a cunoașterii fizice va putea dovedi justețea și fertilitatea programului său și celor ce îl consideră cu neîncredere și scepticism. Această convingere este afirmată clar și mai jos. Viitorul va decide în cele din urmă. O asemenea decizie de natură să promoveze progresul cunoașterii fizice va deveni cu putință însă numai în măsura în care mintea teoreticienilor va fi liberă de orice presupoziții dogmatice și deschisă pentru toate posibilitățile. Ca și în alte texte asupra fundamentelor gîndirii fizice scrise în a doua parte a vieții, Einstein încearcă aici să promoveze o asemenea atitudine și stare de spirit.

7. Acest excurs epistemologic general nu este de dragul filozofiei, oricît de mult ar putea el să intereseze pe teoreticienii cunoașterii. Principala intenție a lui Einstein este de a indica sensul în care o teorie fizică *completă* poate fi caracterizată drept descriere a realității fizice și, totodată, de a argumenta că acea reprezentare despre teoria fizică pe care se întemeiază interpretarea mecanicii cuantice dată de școala de la Copenhaga este de nesusținut. Deși crede că numai evoluția viitoare a cunoașterii fizice va putea decide, în cele din urmă, în această dispută, Einstein se străduiește totuși să sprijine poziția sa prin considerații epistemologice mai generale. Proiectul unei teorii generale a cîmpului, ca bază a fizicii, ca și refuzul său de a accepta mecanica cuantică drept o descriere *completă* a realității fizice, par să izvorască dintr-un amestec aparte de intuiții și considerații epistemologice.

8. Această formulare este semnificativă cel puţin din două puncte de vedere. Mai întîi, ea exprimă în mod clar punctul de vedere realist asupra teoriei fizice. Despre o teorie fizică ca teoria lui Newton se va putea spune că trebuie să fie părăsită numai dacă ea va fi privită drept o descriere a realităţii fizice. În măsura în care fizicianul teoretician nu consideră teoriile din acest punct de vedere, el va respinge categoric afirmaţia că o teorie ca cea a lui Newton ar fi fost „părăsită" sau trebuie să fie „părăsită". „Mecanica clasică este o teorie ştiinţifică închisă în sine. Ea este o descriere strict 'corectă' a naturii pretutindeni unde conceptele ei pot fi aplicate. Noi atribuim încă şi astăzi mecanicii newtoniene un conţinut de adevăr, chiar şi o validitate strictă şi generală, numai că indicăm prin adaosul «acolo unde conceptele ei pot fi aplicate» faptul că vom considera domeniul de aplicabilitate al teoriei newtoniene ca fiind limitat." (W. Heisenberg, *Paşi peste granițe*, Editura Politică, Bucureşti, 1977, p. 87.) Pentru luări de poziţii asemănătoare ale lui Einstein vezi şi nota (6) la *Discursul de recepție la Academia prusacă de științe*, nota (4) la *Ce este teoria relativității?*, nota (7) la *Ernst Mach*, precum şi pasajele la care se referă aceste note. În al doilea rînd, această formulare exprimă credinţa lui Einstein că o descriere teoretică satisfăcătoare a realităţii fizice va putea fi elaborată numai pe baza cîmpurilor continuie. Ideea este reluată şi dezvoltată în alte pasaje ale acestei lucrări.

9. Acest pasaj conţine probabil cea mai elaborată explicaţie a consecvenţei cu care autorul a urmărit, în ciuda eşecurilor repetate, elaborarea unei teorii generale, unificate a cîmpului.

10. Nu este vorba aici doar de faptul că lui Einstein i se părea greu să continue o imaginară conversaţie în care Reichenbach critică punctul de vedere al unui gînditor de talia lui Poincaré. Se pare că introducînd acest nou personaj, *neopozitivistul*, Einstein intenţionează să pună în evidenţă sîmburele raţional al filozofiei lui Kant. (Vezi în această privinţă şi G. Holton, *Einstein, Michelson et l'expérience „cruciale"*, în G. Holton, *L'invention scientifique. Themata et interprétation*, P.U.F., Paris, 1982, p. 323.) Cît priveşte teza convenţionalistă a lui Poincaré, poziţia lui Einstein în acest text pare să fie mult mai nuanţată, dacă nu sensibil diferită de cea formulată în *Geometrie şi experienţă*, un text scris cu aproape treizeci de ani mai înainte. În această privinţă vezi îndeosebi nota (2) la acest text şi pasajul la care se referă.

11. Se pare că autorul dezaprobă situarea empirismului modern, în speţă a empirismului logic, faţă de filozofia cunoaşterii a lui Kant. El sugerează că se acordă o greutate prea mare unor erori istorice explicabile ale lui Kant şi nu se relevă, în schimb, marele progres pe care l-a reprezentat teoria kantiană a experienţei în raport cu cea a empirismului clasic.

12. Aceste scurte remarci critice la adresa concepţiei operaţionaliste asupra noţiunilor şi enunţurilor fizice exprimă o detaşare clară de un punct de vedere care pare să-i fi fost apropiat lui Einstein în prima perioadă a activităţii sale ştiinţifice, perioada în care a fost elaborată teoria restrînsă a relativităţii. Einstein a acceptat şi mai tîrziu, în expuneri ale teoriei relativităţii scrise în deceniul al doilea, însemnătatea definiţiei operaţionale a timpului. Nu este de mirare că mulţi fizicieni i-au atribuit şi mai tîrziu lui Einstein acest punct de vedere şi

au fost surprinşi atunci cînd au fost dezminţiţi chiar de către creatorul teoriei relativităţii. Foarte interesantă este din acest punct de vedere relatarea lui Heisenberg asupra unei discuţii cu Einstein în anul 1926. Heisenberg apăra în această discuţie noua teorie a cuantelor subliniind că în cadrul ei nu intervin decît mărimi observabile, ca frecvenţe de oscilaţie şi amplitudini ale electronilor în atom, şi nu traiectorii ale electronilor, care nu pot fi observate. La întrebarea lui Einstein dacă crede că o teorie fizică nu poate cuprinde decît mărimi observabile, tînărul fizician a răspuns: „Credeam că tocmai dumneavoastră aţi pus această idee la baza teoriei relativităţii? Aţi subliniat doar că nu avem voie să vorbim de timp absolut, căci nu putem observa acest timp absolut. Numai indicaţiile ceasornicelor într-un sistem de referinţă în mişcare sau în repaus servesc drept criteriu pentru determinarea timpului." Iată un fragment din răspunsul lui Einstein în reconstituirea pe care a dat-o Heisenberg mult mai tîrziu acestei conversaţii: „Poate am folosit acest fel de filozofie, dar ea este, în ciuda acestui fapt, un nonsens. Sau pot să spun mai precaut că poate avea valoare euristică să ne amintim de ceea ce observăm în mod real. Dar din punct de vedere principial este fals să dorim a întemeia o teorie numai pe mărimi ce pot fi observate. Căci în realitate lucrurile stau tocmai invers. Abia teoria decide asupra a ceea ce poate fi observat ... Numai teoria, adică cunoaşterea legilor naturii, ne permite, aşadar, să derivăm, pornind de la impresia senzorială, ceva asupra procesului ce-i stă la bază. Afirmaţia dumneavoastră că introduceţi numai mărimi observabile este în realitate o presupunere despre o însuşire a teoriei pe care vă străduiţi să o formulaţi." (W. Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, Piper Verlag, München, 1969, pp. 91—93). Fără a nega că în opera lui de tinereţe a fost în măsură să extragă o inspiraţie ştiinţifică pozitivă din teme ale unor filozofii empiriste ale cunoaşterii, Einstein a respins mai tîrziu în mod tot mai categoric aceste filozofii. Ph. Frank povesteşte că la sfîrşitul unei expuneri în cadrul unui congres al fizicienilor germani care a avut loc la Praga în 1929, expunere în care a criticat concepţia realistă asupra teoriei fizice susţinută de Planck în polemica lui cu Mach, a primit o replică din partea lui A. Sommerfeld. Acesta a declarat că se situează pe punctul de vedere al omului care este pentru el nu numai cel mai mare fizician al timpului, ci şi primul filozof al fizicii, şi anume al lui Albert Einstein. Einstein, a spus Sommerfeld, respinge teoria pozitivistă a lui Mach şi a susţinătorilor săi care văd în propoziţiile fizicii doar o corelare a datelor de observaţie. Einstein susţine punctul de vedere, împărtăşit şi de Planck, după care enunţurile fizicii teoretice descriu o realitate în spaţiu şi timp, independentă de observator şi de actul observaţiei. Într-o discuţie cu Einstein, în 1932, Franck a reluat această temă atunci cînd Einstein s-a exprimat ironic cu privire la tendinţa unor fizicieni din tînăra generaţie de a respinge ca „metafizice" orice enunţuri despre mărimi fizice ce nu pot fi măsurate. „I-am spus atunci lui Einstein: «Dar metoda de care vorbiţi a fost inventată de dumneavoastră încă în 1905». El mi-a răspuns mai întîi cu umor: «Nu avem voie să repetăm prea des o glumă bună». Apoi mi-a explicat în mod serios că ... consideră în teoria relativiăţii cîmpul electromagnetic şi gravitaţional ca o realitate fizică, cum s-a considerat înainte substanţa materială în mecanica lui Newton." (P. H. Frank, *Einstein. Sein Leben und seine Zeit*, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wisbaden, 1979, p. 350)

13. Această observație a lui Margenau îi oferă lui Einstein o ocazie binevenită de a-și preciza încă o dată poziția față de filozofia empiristă și raționalistă a cunoașterii. Concepția despre teoria științifică ca sistem ipotetic-deductiv este conturată prin detașare atît față de concepția empiristă tradițională, inductivistă asupra teoriei, cît și față de concepția raționalistă extremă despre teorie ca o cunoaștere prin rațiune pură. (Vezi în această privință și un text scris cu mai mult de treizeci de ani înainte, *Discursul de recepție la Academia prusacă de științe*, îndeosebi nota (1) și pasajul la care se referă această notă.) Această concepție reține, totodată, ca element viabil al empirismului, ideea necesității controlului teoriei prin confruntare cu datele experienței senzoriale. Ea conține în același timp elemente de inspirație raționalistă în măsura în care subliniază independența relativă a sistemului teoretic față de experiență, faptul că acesta se confruntă cu experiența nu element cu element, ci doar prin unele consecințe particulare deduse din principiile teoriei. Menținerea conceptelor și principiilor teoretice prea aproape de datele experienței și, respectiv, sustragerea într-un fel sau altul a sistemului teoretic unui control strict al experienței reprezintă primejdii la care cercetătorul naturii se va expune prin supralicitarea situării empiriste sau raționaliste. În termeni hegelieni, s-ar putea spune că Einstein apreciază empirismul și raționalismul, ca orientări epistemologice tradiționale, drept adevărate prin ceea ce afirmă sau neagă în mod relativ și false prin ceea ce afirmă sau neagă în mod absolut.

14. Este desigur o interpretare liberă a semnificației filozofiei kantiene, a cunoașterii în lumina experiențelor pe care le oferă dezvoltarea științei exacte a naturii în epoca modernă. Descrierea și înțelegerea „realității“ este posibilă numai într-un anumit sistem de concepte a cărui valoare cognitivă poate fi validată doar prin consecințele empirice ce sînt derivate din teorie. În acest sens este adevărat că orice experiență, orice cunoaștere a realității, devine posibilă numai prin concepte și scheme de gîndire. Superioritatea unui sistem de concepte asupra altuia poate fi determinată prin considerații interne sau externe, prin considerații ce privesc atît simplitatea și coerența sistemelor conceptuale alternative, cît și consecințele lor empirice. Sistemul teoretic care a fost găsit drept cel mai adecvat pe o anumită treaptă de dezvoltare a științei teoretice reprezintă „realitatea“. A vorbi despre o cunoaștere a realității în sine, independent de construcțiile conceptuale ale oamenilor, în particular ale oamenilor de știință, nu are sens.

15. Acesta este așa-numitul principiu al separabilității. Autorii paradoxului, adică Einstein, Podolski și Rosen îl consideră neproblematic, în afara oricărei discuții și își întemeiază în acest fel concluzia că descrierea mecanic-cuantică a realității fizice trebuie să fie completă. Pentru discuția actuală asupra principiului separabilității vezi nota (11) la *Note autobiografice*.

16. Această afirmație este fundamentală. Insistența cu care a reluat Einstein decenii de-a rîndul argumentarea caracterului incomplet al descrierii mecanic-cuantice a realității fizice poate fi înțeleasă numai dacă avem în vedere că el considera, pe drept cuvînt, acceptarea sau respingerea acestei concluzii ca fiind de o însemnătate hotărîtoare pentru orientarea strategică a cercetării, și în acest sens, pentru destinele fizicii teoretice. El nu vedea controversa cu susținătorii „interpretării ortodoxe“ a mecanicii cuantice ca o discuție academică între fizicieni cu

interese filozofice, ci ca o înfruntare al cărei deznodămînt decide asupra direcției în care se îndreaptă căutările fizicienilor teoreticieni. Vezi și notele (4), (5) (6) și (7).

17. O revenire la concluzia de mai sus: interpretarea larg acceptată a mecanicii cuantice se susține numai dacă respingem principiul separabilității, al acțiunii fizice din aproape în aproape.

18. Această ultimă afirmație distanțează clar punctul de vedere al lui Einstein de mentalitatea pozitivistă a marii majorități a oamenilor de știință exactă, cel puțin în epoca formării sale ca cercetător al naturii.

19. Prin asemenea considerații Einstein urmărește să pună în lumină natura particulară, aparte a interesului cercetătorului pentru analiza filozofică a cunoașterii. El întreprinde asemenea analize sau se interesează de ele nu atît pentru a aduce o contribuție la înțelegerea sistematică a cunoașterii, cît pentru clarificarea unor probleme conceptuale și metodologice ce prezintă însemnătate pentru orientarea cercetării. Din acest punct de vedere filozofia cercetătorului naturii se deosebește prin intențiile ei de construcțiile filozofului profesionist al științei.

20. Termeni ca *idealist*, *pozitivist* și *platonist* sînt utilizați aici într-un mod destul de liber. Ei nu trebuie să fie luați în sensul pe care îl au pentru adepții sau interpreții unei teorii *idealiste*, *pozitiviste* sau *platonice* a cunoașterii. Autorul vizează prin ei doar o anume temă a acestor filozofii, temă ce poate să aibă valoare euristică pentru orientarea gîndirii și acțiunii omului de știință în anumite situații problematice ale cercetării.

21. În principiu, Einstein admite că intuițiile ce orientează gîndirea cercetătorului pot fi greșite; el nu are însă o altă bază pentru activitatea sa decît aceste intuiții.

OBSERVAȚII PRELIMINARE CU PRIVIRE LA CONCEPTELE FUNDAMENTALE

Aș dori să spun cîteva cuvinte introductive la contribuția pentru acest volum, pe care am redactat-o împreună cu doamna F. Kaufman, în singura limbă în care mă pot exprima cu o oarecare ușurință. Sînt cuvinte de scuză. Ele vor să arate de ce eu, deși am participat în tinerețe cu admirație la descoperirea vizionară de către Louis de Broglie a corelației interne dintre stările cuantice discrete și stările de rezonanță, am căutat totuși neîncetat să rezolv pe o cu totul altă cale misterul cuantic *(das Quantenrätsel)* sau cel puțin să ajut la pregătirea unei soluții [1]. Această căutare se întemeiază pe o adîncă nemulțumire de natură principială pe care mi-a provocat-o teoria cuantică statistică. Știu bine că un asemenea sentiment nu-i este cu totul străin nici lui L. de Broglie. Aceasta reiese cu claritate din încercarea pe care a făcut-o în anii '20 de a întregi teoria cuantică ondulatorie astfel încît ea să ofere o descriere completă a configurației unui sistem dependent de timp în cadrul conceptelor mecanicii clasice (punct material, energie potențială), o idee la care a ajuns de curînd și domnul D. Bohm, fără a cunoaște lucrările lui de Broglie *(Théorie de l'onde pilote)*.

Nu mă îndoiesc de faptul că teoria cuantică actuală (mai exact „mecanica cuantică“) este teoria care se află în cel mai deplin acord cu experiența, în măsura în care se iau drept concepte de bază ale descrierii cele de punct mate-

rial și energie potențială. Ceea ce găsesc însă nesatisfăcător la această teorie s-ar putea exprima în mod diferit în funcție de interpretarea ce i se conferă „funcției ψ". În oricare caz însă, concepția mea are ca punct de plecare o teză pe care o neagă decis majoritatea teoreticienilor actuali:

Există ceva de genul „stării reale" a unui sistem fizic, a cărui existență obiectivă este independentă de orice observație sau măsurare și care, în principiu, poate fi descrisă cu mijloacele de expresie ale fizicii (Ce tip de mijloace de expresie sau concepte fundamentale adecvate trebuie să fie folosite în această descriere, nu ne sînt după părerea mea, cunoscute actualmente — puncte materiale? cîmp? mijloace de determinare ce vor trebui de-abia inventate?). Această teză a realității nu are semnificația unui enunț clar prin sine, din cauza naturii lui „metafizice"; el are doar un caracter programatic. Toți oamenii, inclusiv teoreticienii mecanicii cuantice, susțin această teză, cu excepția cazului în care ei discută despre fundamentele mecanicii cuantice. Nimeni nu se îndoiește, de exemplu, de faptul că la un moment dat există o situație determinată a centrului de greutate al Lunei, chiar dacă n-ar exista nici un observator real sau potențial. Dacă se renunță la această teză a realității, ce pare la o analiză logică pur arbitrară, atunci devine o problemă dificilă eliberarea de solipsism. În sensul acestor afirmații nu mă rușinez să fac din conceptul de „stare reală a unui sistem" punctul central al considerațiilor mele [2].

Fără îndoială, funcția ψ reprezintă un gen de descriere a „stării reale". Întrebarea este însă, dacă această descriere caracterizează în mod complet sau în mod incomplet starea reală. Oricare dintre pozițiile ce se pot lua în această privință conduce la dificultăți.

Prima ipoteză: descrierea este completă. Atunci un corp care plutește în spațiu în absența forțelor va avea cu atît mai puțin o situație determinată (față de sistemul inerțial), cu cît — după ecuația lui Schrödinger — lăsat în sine, el se modifică mai mult; observația ulterioară cu ajutorul lumii ne indică însă o situație cvasideterminată. Dacă descrierea prin funcția ψ ar fi realmente o descriere completă a sistemului, atunci ar trebui să tragem concluzia că situația cvasideterminată reprezintă numai o consecință, a observației, înainte de observație ea neexistînd. Această concluzie este însă intuitiv inacceptabilă atunci

cînd avem de-a face cu un macrocorp și nu cu vreun electron sau atom. (Faptul că producerea unei configurații imprecise necesită conform teoriei un timp mare, atunci cînd corpul are o masă considerabilă, nu ne poate fi de ajutor; deoarece aceste intervale de timp nu mai sînt atît de importante pentru corpuri vizibile doar microscopic.) Nu este vorba, în sensul teoriei, nici de faptul că la momentul inițial configurația trebuia să fie cvasi-precisă.

Sîntem de aceea obligați să considerăm descrierea unui sistem printr-o funcție ψ ca o descriere incompletă a stării reale. Există și alte considerații care ne duc la această concluzie. Mecanismul teoriei cuantice este astfel alcătuit încît funcția ψ a unui subsistem care reprezintă o parte a unui sistem total alcătuit din două subsisteme se poate obține în mod diferit în funcție de modul în care se înfăptuiește măsurarea (completă) asupra celui de-al doilea subsistem. Lucrul acesta se produce și atunci cînd cele două subsisteme sînt, în timpul măsurării, spațial separate unul de celălalt. Dacă funcția ψ ar descrie starea reală în mod complet, atunci ar însemna că măsurarea efectuată asupra celui de-al doilea subsistem influențează starea reală a primului subsistem, ceea ce ar corespunde unui gen de cuplare nemijlocită a unor lucruri spațial separate. Și această posibilitate trebuie s-o considerăm exclusă pe baza intuiției. Se ajunge astfel la rezultatul că descrierea stării prin funcția ψ trebuie considerată incompletă[3].

A doua ipoteză: descrierea prin funcția ψ este incompletă. Aceasta ne conduce la concluzia că trebuie să existe o descriere completă, și la concepția după care condițiile unei descrieri complete și nu ale uneia incomplete, țin de înseși legile veritabile ale naturii. Dar atunci cu greu putem evita bănuiala că natura statistică a teoriei este determinată de incompletitudinea descrierii, neavînd nimic de-a face cu obiectele așa cum sînt ele în realitate[4].

Asemenea reflecții au contribuit, probabil, și la formularea „teoriei undei-pilot"; în orice caz, această teorie evită dificultățile descrise mai sus. L. de Broglie a arătat el însuși, de curînd, de ce a părăsit această cale. Pentru mine, teoria cuantică statistică oferă la fel de puțin un punct de plecare util pentru formularea unei teorii complete, după cum nu putea teoria mișcării browniene, bazată pe mecanica clasică

şi pe legea presiunii osmotice, să ofere un punct de plecare util pentru formularea cineticii molecular-mecanice, admițînd că teoria mișcării browniene ar fi apărut înaintea acesteia din urmă.

Această opinie mi-a fost întărită de următoarea reflecție. Teoria cuantică statistică își datorează apariția, cel puțin parțial, împrejurării că acțiuni oricît de slabe nu pot genera decît modificări finite ale stării unui sistem. În cazul efectului-Compton, de exemplu, se pare că un tren de unde de o amplitudine oricît de mică și o extindere finită nu poate transporta pe un electron decît o energie determinată finită. Ar părea astfel că un cîmp slab n-ar putea acționa pentru transportul unei energii finite, ci doar pentru probabilitatea mică a unui asemenea transport. Dar pentru a putea concepe probabilitatea pentru o modificare ca o schimbare de stare efectivă a electronilor ar trebui inventată „starea cuantică" ce constă aici dintr-o superpoziție a stărilor individuale de energii diferite ale electronilor, fiecărei stări individuale corespunzîndu-i o amplitudine de probabilități. Se creează astfel posibilitatea de a pune în corespondență acțiunii cîmpurilor slabe modificări mici ale acelor amplitudini de probabilitate, adică a „stărilor" și, prin aceasta, de a se reduce matematic procesul aparent discontinuu al modificărilor finite ale vitezelor la o modificare continuă a amplitudinilor de probabilitate.

Prețul pe care-l plătim pentru această reducere este introducerea stărilor reale compuse dintr-un număr infinit de stări energetice diferite. Necesitatea acestei jertfe este condiționată de credința într-o cunoaștere efectivă a naturii fizice a acțiunii (aici cîmpul de unde slab și limitat). Iar aceasta e corelată cu faptul că în teoria cuantică se menține ferm conceptul clasic de forță, respectiv, de energie potențială, doar legea de mișcare fiind înlocuită prin ceva de un gen cu totul nou. Perfecțiunea mecanismului matematic al teoriei și succesul remarcabil al acesteia au abătut atenția de la tăria jertfei pe care teoria a adus-o.

Eu consider însă că în cele din urmă va trebui să se recunoască necesitatea introducerii în locul conceptului de forță activă sau de energie potențială (sau pentru efectul-Compton) al aceluia de cîmp de unde, care să posede o structură atomistă, în același sens ca și electronul însuși. „Cîmpuri slabe",

respectiv forțe care să reprezinte cauzele active nu vor mai exista în general, la fel de puțin ca și stările mixte.

O singură observație finală: Străduințele mele de a completa teoria generală a relativității prin generalizarea ecuațiilor gravitației, au drept origine parțială ipoteza că o teorie națională a cîmpului în relativitatea generală ar putea eventual oferi cheia pentru o teorie cuantică mai bună. Aceasta este o simplă speranță, și nu o convingere [5]. Există multe argumente împotriva opiniei că o descriere reală, întemeiată pe ecuații diferențiale (teorie de cîmp), ar putea da seama în genere de natura atomistă a realității. Aceste obiecții nu au însă, în măsura în care le pot judeca un caracter constrîngător; pe de altă parte, pînă acum nu avem deloc o altă cale pentru a formula legile relativiste, generalizate.

NOTE

1. Eșecurile repetate ale încercărilor lui Einstein de a elabora o teorie unificată a cîmpului, din care să poată fi derivate și fenomenele cuantice, l-au condus, se pare, spre sfîrșitul vieții, spre o atitudine mai reticentă. În acest sens ar putea fi înțeleasă aprecierea că eforturile sale reprezintă doar o contribuție „la pregătirea unei soluții".

2. Ca și în alte texte, Einstein afirmă fără echivoc că sîmburele divergențelor sale cu fizicienii ce susțineau interpretarea școlii de la Copenhaga este de natură principială, în esență filozofică. Dezacordul se referă la obiectul descrierii teoretice și la cerințele generale ale unei descrieri teoretice în fizică. Einstein este pe deplin conștient că punctul de vedere pe care îl adoptă fizicianul teoretician în această privință reprezintă o opțiune ce nu este susceptibilă să primească o întemeiere obiectivă. În acest sens el consideră teza sa realistă drept „metafizică" și arbitrară din punct de vedere logic, în sensul că nu poate fi derivată dintr-un principiu mai general acceptat de toți teoreticienii. Referirea la existența obiectivă a centrului de greutate al Lunii este semnificativă, deoarece indică limpede că Einstein nu recunoaște vreo particularitate situației de cunoaștere din fizica atomică și necesitatea de a reconsidera conceptul de realitate fizică în lumina noilor corelații descoperite în acest domeniu. El afirmă că fizicienii care nu acceptă teza lui realistă ar fi amenințați de spectrul solipsismului.

3. Pentru alte expuneri ale acestui paradox al lui Einstein, vezi *Mecanica cuantică și realitatea*, *Note autobiografice* și *Observații asupra articolelor reunite în acest volum.*

4. Ca și în alte texte pe care le-a scris în anii săi tîrzii asupra situației problematice din fundamentele fizicii, argumentarea lui Einstein este aici foarte simplă. Ea poate fi redusă la doi pași: a) evidențierea caracterului incomplet al descrierii realității fizice în mecanica cuantică; b) necesitatea unei descrieri complete a realității fizice, o

descriere care nu este posibilă decît ieşind în afara cadrului conceptual mecanicii cuantice.

5. Einstein revine la ideea că programul său de cercetare nu are o întemeiere obiectivă în măsura în care se sprijină pe o reprezentare asupra condiţiilor generale ale descrierii teoretice a realităţii fizice, o reprezentare ce nu poate fi susţinută cu argumente constrîngătoare de ordin formal sau experimental. În acest sens, el îşi califică programul drept o „speranţă“. Einstein rămîne deschis faţă de alte posibilităţi de a realiza dezideratul a ceea ce el numeşte „o descriere completă a realităţii fizice“. El este însă inflexibil în ceea ce priveşte menţinerea acestei exigenţe. Ataşamentul său faţă de programul teoriei unitare a cîmpului este motivat exclusiv de considerentul că nu vede o alternativă la acest program. Pentru o exprimare clară în această privinţă, vezi *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum.*

III

ȘTIINȚĂ ȘI ÎNȚELEPCIUNE: CE TREBUIE SĂ FACEM ȘI CE PUTEM SPERA

CUM VĂD EU LUMEA?

•

Cît de ciudată este situația noastră, copii ai Pămîntului. Fiecare este aici pentru o scurtă vizită. El nu știe de ce, dar uneori crede că o simte. Din punctul de vedere al vieții de fiecare zi, fără o reflexie mai adîncă, se știe că sîntem aici pentru ceilalți oameni, mai întîi pentru aceia de al căror surîs și sănătate atîrnă în întregime propria fericire, și apoi și pentru cei mulți necunoscuți cu a căror soartă ne înlănțuie o legătură a simpatiei. În fiecare zi mă gîndesc de nenumărate ori că viața mea lăuntrică și exterioară se sprijină pe munca oamenilor de astăzi, ca și a celor morți, că trebuie să mă strădui pentru a da în aceeași măsură în care am primit și primesc încă. Simt nevoia de cumpătare și am adesea sentimentul apăsător de a pretinde mai mult decît este necesar din munca semenilor mei. Deosebirile sociale de clasă le resimt ca nejustificate și ca sprijinindu-se în cele din urmă pe forță — și mai cred că o viață exterioară simplă și lipsită de pretenții este bună pentru fiecare, pentru corp și pentru spirit.

Nu cred în libertatea omului în sens filozofic. Fiecare acționează nu numai sub constrîngeri exterioare, ci și potrivit necesității lăuntrice. Sentința lui Schopenhauer: „Un om poate să facă, ce-i drept, ce vrea, dar nu să voiască ceea ce vrea“ m-a pătruns încă din tinerețe și mi-a fost întotdeauna o alinare la priveliștea asprimii vieții, un ajutor în îndurarea acesteia și un izvor nesecat de toleranță. Conștiința acestui fapt slăbește în mod plăcut simțul răspunderii ce poate ușor să aibă o acțiune paralizantă și face să nu ne luăm pe

noi și pe ceilalți prea în serios; ea conduce la o concepție despre viață ce face loc și umorului.

Mi s-a părut întotdeauna lipsit de sens, dintr-un punct de vedere obiectiv, să ne întrebăm asupra semnificației și țelului propriei existențe, ca și a existenței ființelor în general. Și totuși, fiecare om are anumite idealuri care îi orientează strădăuința și judecata. În acest sens plăcerea și fericirea nu mi-au apărut niciodată ca scopuri în sine (numesc această bază etică idealul turmei de porci). Idealurile mele, care m-au călăuzit și mi-au dat curajul de a înfrunta greutățile vieții, au fost binele, frumosul și adevărul. Fără sentimentul acordului cu cei care gîndesc la fel, fără îndeletnicirea cu ceea ce este obiectiv, cu ceea ce rămîne întotdeauna de neatins pe tărîmul artei și al cercetării științifice, viața mi s-ar părea goală. Țelurile banale ale strădăuințelor omenești, proprietate, succes exterior, lux mi s-au părut din tinerețe demne de dispreț.

Simțul meu pătimaș pentru echitate socială și responsabilitate socială a stat întotdeauna într-o opoziție ciudată cu o lipsă pronunțată a nevoii nemijlocite de contact cu oamenii și comunitățile omenești. Sînt un adevărat solitar ce nu aparține cu întreaga sa inimă statului, patriei, cercului de prieteni, nici chiar cercului strîns de familie, care a resimțit un sentiment niciodată ostoit de înstrăinare și o nevoie de singurătate, ce au crescut și mai mult cu vîrsta. Am trăit în mod ascuțit, dar fără părere de rău granițele înțelegerii și armoniei cu alți oameni. Un asemenea om pierde desigur o parte din seninătate și nepăsare, dar el este în schimb în mare măsură independent de părerile, obiceiurile și judecățile semenilor săi și nu este supus niciodată ispitei de a-și sprijini echilibrul pe o bază atît de puțin solidă.

Idealul meu politic este cel democratic. Fiecare om trebuie respectat ca persoană, și nici unul divinizat. Este o ironie a soartei că ceilalți oameni mi-au exprimat tocmai mie mult prea multă admirație și stimă, fără vina mea, dar și fără ca meritul meu să o îndreptățească. Aceasta poate să provină din dorința pentru mulți de neîmplinit de a înțelege cîteva idei pe care le-am găsit cu puterile mele slabe, printr-o luptă necontenită. Știm desigur prea bine că pentru atingerea unui țel de ordin organizatoric este nevoie ca un individ să gîndească și să dispună și să aibă în linii mari răspunderea.

Dar cei conduși nu trebuie să fie constrînși, ci să poată alege conducătorul. Un sistem autocrat de constrîngere degenerează, după părerea mea, în scurt timp. Violența îi atrage întotdeauna pe cei lipsiți de valoarea morală și, după convingerea mea, este o lege ca tiranii geniali să aibă nemernici drept urmași. Din acest motiv am fost întotdeauna un dușman înfocat al unor asemenea sisteme cum sînt cele pe care le cunoaștem astăzi în Italia și Rusia.

Discreditarea formei democratice ce domină astăzi în Europa nu se datorește principiului democratic de bază, ci lipsei de stabilitate a vîrfurilor guvernelor și caracterului impersonal al modalității în care se face alegerea. Cred însă că Statele Unite ale Americii de Nord au găsit în această privință ceea ce este potrivit: ele au un președinte responsabil ales pe o perioadă de timp suficient de lungă care are destulă putere pentru a fi în fapt cel ce poartă răspunderea. Pe de altă parte, prețuiesc în mecanismul nostru de stat grija mai mare pentru individ în caz de boală și sărăcie. Ceea ce este propriu-zis valoros în treburile omenești mi se pare a fi nu statul, ci individul creator și sensibil, personalitatea: el singur, creează nobilul și sublimul în timp ce turma rămîne ca atare obtuză în gîndire și în simțire.

În legătură cu acest subiect, ajung la cea mai josnică creatură a turmei, la militar, pe care îl urăsc. Pe cel ce poate mărșălui cu plăcere în formație, după sunetele muzicii, pe acela îl disprețuiesc; el a primit un creier mare numai din greșeală, căci șira spinării i-ar fi fost de ajuns.

Această rușine a civilizației ar trebui înlăturată cît mai repede cu putință. Eroism la comandă, violență lipsită de sens și nesuferitele atitudini patriotarde, cît de înfocat le urăsc, ce josnic și demn de dispreț îmi apare războiul; m-aș lăsa mai degrabă tăiat în bucăți decît să particip la o treabă atît de mizerabilă! Gîndesc totuși atîta bine despre oameni ca să cred că această nălucă ar fi dispărut de mult dacă simțul sănătos al popoarelor nu ar fi fost corupt în mod sistematic, prin școală și presă, de cercuri de afaceri și politice interesate.

Lucrul cel mai frumos pe care îl putem trăi este tainicul. Este simțămîntul ce stă la leagănul adevăratei arte și științe. Cine nu îl cunoaște, cel care nu se mai poate mira, nu se mai poate minuna, acela este, pentru a spune așa, mort, iar ochii săi sînt închiși. Trăirea tainicului, chiar dacă amestecată cu

frica, a produs și religia. Cunoașterea existenței a ceva de nepătruns pentru noi, a manifestărilor celei mai adînci rațiuni și a celei mai luminoase frumuseți, ce sînt accesibile rațiunii noastre numai în formele lor cele mai primitive, această cunoaștere și acest simțămînt constituie adevărata religiozitate. În acest sens, și numai în acest sens, mă număr printre oamenii profund religioși.

Nu îmi pot închipui un Dumnezeu care răsplătește sau pedepsește obiectul creației sale, care are în genere o voință de felul celei pe care o cunoaștem noi. Nu pot să gîndesc, de asemenea, un individ ce supraviețuiește morții trupului său. Să nutrească inimile slabe, din frică sau din egoism ridicol, asemenea idei! Mie îmi ajunge misterul eternității vieții, conștiința și presimțirea alcătuirii minunate a existentului, ca și străduința umilă spre cuprinderea unei părți cît de mici a acelei rațiuni ce se manifestă în natură.

RELIGIE ȘI ȘTIINȚĂ

Tot ce este făcut și născocit de oameni servește satisfacerii nevoilor pe care le resimt și alinării durerilor. Să nu uităm niciodată acest lucru dacă vrem să înțelegem mișcările spirituale și dezvoltarea acestora. Căci simțirea și nostalgia sînt impulsul aspirațiilor și realizărilor omenești, oricît de înălțătoare ni s-ar înfățișa acestea din urmă. Care sînt, așadar, simțămintele și nevoile care i-au condus pe oameni spre gîndirea religioasă și spre credință în sensul cel mai larg? Dacă reflectăm asupra acestui lucru, ne dăm seama de îndată că lîngă leagănul gîndirii și trăirii religioase stau cele mai diferite simțăminte. La primitivi este mai întîi frica cea care dă naștere la reprezentări religioase. Frica de foame, animale sălbatice, boală, moarte. Deoarece pe această treaptă a existenței înțelegerea relațiilor cauzale este de obicei redusă, spiritul omenesc născocește ființe mai mult sau mai puțin asemănătoare de a căror voință și acțiune depind trăirile temute. Se încearcă să se înrîurească în mod favorabil starea de spirit a acelor ființe, înfăptuindu-se acte și aducîndu-se jertfe care, potrivit credinței transmise proprii unei seminții sau alteia, sînt în măsură să le îmblînzească și să le facă binevoitoare față de oameni. Vorbesc în acest sens de religia fricii (*Furcht-Religion*). Aceasta nu este produsă, dar este totuși în mod esențial consolidată prin formarea unei caste aparte a preoților care se dă drept mijlocitoare între ființele temute și popor și își întemeiază în acest fel o poziție predominantă. Adesea conducătorul sau stăpînitorul, care se sprijină pe alți factori, sau clasă privilegiată unesc, pentru a fi mai siguri, stăpînirea lor lumească cu cele mai înalte funcții

sacerdotale sau ia naştere o comuniune de interese între cei ce stăpînesc din punct de vedere politic și casta preoților.

O a doua măsură a organizării religioase sînt sentimentele sociale. Tatăl și mama, conducătorii unor comunităţi omenești mai mari, sînt muritori și supuși greșelii. Nostalgia conducerii, iubirii și sprijinului dă impulsul alcătuirii conceptului social, respectiv moral al lui Dumnezeu. Este Dumnezeul providenței care ocrotește, hotărăște, răsplătește și pedepsește. Este Dumnezeul care, potrivit orizontului omului, iubeşte și protejează viața seminției, a omenirii, viața în genere, consolatorul celor nefericiți și cu aspirații neîmplinite, cel ce ocrotește sufletele celor morți. Acesta este Dumnezeul social sau moral.

Încă în Cartea Sfîntă a poporului evreu poate fi observată evoluția de la religia fricii la religia morală, evoluție care se continuă în Noul Testament. Religiile tuturor popoarelor civilizate, cu deosebire cele ale popoarelor din Orient, sînt în principal religii morale. Evoluția de la religia fricii la religia moralei reprezintă un progres important în viața popoarelor. Trebuie să ne ferim însă de prejudecata că religiile primitivilor ar fi religii ale fricii pure, iar cele ale popoarelor civilizate religii morale pure. Toate sînt mai degrabă tipuri mixte, în așa fel însă că pe treptele mai înalte ale vieții sociale domină religia moralei.

Tuturor acestor tipuri le este comun caracterul antropomorfic al ideii divinității. Deasupra acestei trepte a trăirii religioase obișnuiesc să se ridice în mod esențial doar indivizi deosebit de bogați sau comunități deosebit de nobile. Toți cunosc însă și o a treia treaptă a trăirii religioase, chiar dacă doar rar într-un contur clar; o voi numi religiozitate cosmică. Aceasta poate fi dezvăluită doar greu celui ce nu are nimic comun cu ea, mai cu seamă că ei nu îi corespunde un concept de Dumnezeu asemănător omului [1].

Individul simte deșertăciunea dorințelor și țelurilor omenești, sublimul și ordinea minunată ce se dezvăluie în natură și în lumea gîndirii. El resimte existența individuală ca un fel de închisoare și vrea să trăiască tot ceea ce ființează ca pe ceva unitar și cu sens. Începuturi ale religiozității cosmice se găsesc deja pe o treaptă de dezvoltare mai timpurie, bunăoară în unii psalmi ai lui David, ca și la unii profeți. Mult mai puternică este componenta religiozității cosmice în budism,

cum ne-au învățat îndeosebi minunatele scrieri ale lui Schopenhauer [2].

Geniile religioase ale tuturor timpurilor se disting prin această religiozitate cosmică ce nu cunoaște nici o dogmă și nici un Dumnezeu ce ar putea fi gîndit după chipul și asemănarea omului. Nu poate exista de aceea nici o biserică a cărei învățătură fundamentală să se sprijine pe religiozitatea cosmică. Așa se întîmplă că noi găsim tocmai printre ereticii tuturor timpurilor oameni stăpîniți de această religiozitate superioară, care apăreau contemporanilor lor adesea ca atei, uneori și ca sfinți [3]. Din acest punct de vedere bărbați ca Democrit, Francisc din Assisi și Spinoza sînt aproape unul de altul.

Cum poate religia cosmică să fie transmisă de la un om la altul dacă ea nu poate duce la un concept conturat al lui Dumnezeu *(geformten Gottesbegriff)* și la o teologie? Mi se pare că funcția cea mai însemnată a artei și științei este de a trezi și de a menține viu acest simțămînt la cei ce sînt în stare să-l trăiască [4].

Ajungem astfel la o concepție despre relația dintre religie și știință care este cu totul diferită de cea obișnuită [5]. Sîntem înclinați, potrivit unui examen istoric, să socotim știința și religia drept dușmani de neîmpăcat, și aceasta dintr-un motiv ușor de înțeles. Pentru cel care este pătruns de ideea legității cauzale a tot ce se întîmplă, ideea unei ființe ce intervine în desfășurarea evenimentelor lumii este cu totul imposibilă, presupunînd firește că el ia într-adevăr în serios ipoteza cauzalității. Religia fricii nu are la el nici un loc, și tot atît de puțin religia societății, respectiv a moralei. Un Dumnezeu ce răsplătește și pedepsește este pentru el de negîndit fie și deoarece omul care acționează potrivit legității exterioare și interioare ar fi tot atît de puțin răspunzător din punctul de vedere al lui Dumnezeu, ca și un obiect lipsit de viață, de mișcările pe care le face. S-a reproșat de aceea științei că subminează morala, dar desigur în mod nedrept. Comportarea morală a omului poate fi întemeiată eficient pe milă, educație și solidaritate socială și nu are nevoie de un fundament religios. Ar fi trist pentru oameni dacă ei ar trebui să fie ținuți în frîu prin frica de pedeapsă și speranța în răsplata după moarte.

Este, așadar, ușor de înțeles că bisericile au combătut dintotdeauna știința și i-au urmărit pe adepții ei. Pe de altă

parte, eu susţin că religiozitatea cosmică constituie impulsul cel mai puternic şi mai nobil al cercetării ştiinţifice. Numai cel ce poate cîntări sforţările uriaşe şi înainte de toate dăruirea, fără de care nu poate lua naştere creaţia ştiinţifică deschizătoare de noi drumuri, va putea aprecia puterea simţămîntului, singurul din care poate să crească o muncă detaşată de viaţa practică nemijlocită. Ce credinţă profundă în raţiunea alcătuirii lumii şi ce aspiraţie spre înţelegerea chiar şi numai a unui reflex neînsemnat al raţiunii ce se dezvăluie în această lume trebuie să fi fost vii în Kepler şi Newton pentru ca ei să poată descifra mecanismul mecanicii cereşti în munca solitară a multor ani? [6] Cel ce cunoaşte cercetarea ştiinţifică în principal numai din consecinţele ei practice ajunge uşor la o concepţie cu totul nepotrivită despre starea de spirit a bărbaţilor care, înconjuraţi de contemporani sceptici, au arătat calea celor ce gîndesc la fel, presăraţi prin ţările Pămîntului şi de-a lungul secolelor. Numai cel ce şi-a consacrat viaţa unor ţeluri asemănătoare poate să aibă o reprezentare vie despre ceea ce i-a însufleţit pe aceşti oameni şi le-a dat puterea să rămînă credincioşi ţelului, în ciuda nenumăratelor eşecuri. Religiozitatea cosmică este cea care dă asemenea forţe. Un contemporan a spus, nu fără dreptate, că în epoca noastră orientată în general practic, singurii oameni adînc religioşi sînt cei mai serioşi dintre cercetători.

NOTE

1. Ceea ce Einstein desemnează aici prin expresia *religiozitatea cosmică* nu este o religie în sensul obişnuit, convenţional al termenului, aşa cum reiese clar şi din cele ce urmează. Ideile pe care oamenii le consideră în mod obişnuit drept constitutive pentru orice concepţie religioasă despre lume — existenţa unor fiinţe supranaturale, viaţa după moarte şi răsplata sau pedeapsa în viaţa după moarte — nu pot fi asociate aşa-numitei *religiozităţi cosmice*. Cu deosebire în corespondenţa sa, Einstein a spus clar că dogmele religiilor tradiţionale i se par inacceptabile nu numai fiindcă nu pot fi împăcate cu rezultate ale cunoaşterii obiective, ci şi în măsura în care nu i se par de natură să promoveze convingeri şi valori morale autentice. În amurgul vieţii sale (la 17 iulie 1952), Einstein îi scria celui mai apropiat prieten al său, lui M. Besso: „Cei care au inventat credinţa unei vieţi individuale după moarte trebuie să fi fost nişte oameni de nimic“. (A. Einstein, M. Besso, *Correspondance 1903—1955*, Hermann, Paris, 1979, p. 277.) Acestea nu sînt cuvintele unui tînăr neconformist, ci ale unui om în vîrstă de 73 de ani!

Einstein folosește de cele mai multe ori cuvîntul *religie* pentru a desemna acele convingeri pe care le califică drept premise ale activității omului de știință teoretică, în primul rînd convingerea că universul este inteligibil și poate fi cunoscut în mod rațional; aceste convingeri nu sînt susceptibile de o întemeiere științifică obiectivă și pot fi socotite, în acest sens, drept *credințe*. El a prevenit nu o dată împotriva unor răstălmăciri interesate ale punctului său de vedere. Astfel, într-o scrisoare către M. Solovine din același an 1952, Einstein sublinia că religia sa cosmică nu are nimic comun cu religia în sensul obișnuit al cuvîntului și observa că se vede nevoit să facă asemenea precizări deoarece s-ar putea crede că, „slăbit de vîrstă, am devenit o pradă a popilor". Cît de radical era punctul de vedere al lui Einstein în epoca sa și în mediul social în care a trăit se poate vedea mai bine dacă îl comparăm cu cel al altui fizician teoretician de prim rang, M. Planck, despre raportul dintre știința naturii și ceea ce acesta numește „adevărata religie". (Vezi M. Planck, *Religion und Naturwissenschaft*, J.A.Barth, Leipzig, 1941, îndeosebi p. 28—32).

2. A. Schopenhauer pare să fie unul din puținii filozofi pe care Einstein i-a citit încă din tinerețe. Einstein îl admira mult pe Schopenhauer ca maestru al limbii, creator al unor imagini cu mare putere sugestivă. Se povestește că în camera sa de lucru din locuința de la Berlin savantul ținea alături de portretele lui Faraday și Maxwell un portret al lui Schopenhauer. Există și alte motive pentru care Einstein amintește nu o dată numele acestui filozof. Se pare că Einstein a fost impresionat de motivul contemplației pure, dezinteresate, atît de pregnant în filozofia lui Schopenhauer, căruia i-a dat o transfigurare originală: ținta supremă a teoreticianului este dezvăluirea și contemplarea ordinii raționale a universului.

3. Se relatează că Einstein a răspuns unei întrebări a rabinului H. S. Goldstein din New York „Credeți în Dumnezeu?" în următoarele cuvinte: „Cred în Dumnezeul lui Spinoza care se exprimă în armonia existenței, nu într-un Dumnezeu ce se îndeletnicește cu destinele și acțiunile oamenilor". Einstein vedea în panteismul lui Spinoza cea mai izbutită prefigurare a credinței sale în inteligibilitatea universului.

4. O asemenea exprimare sugerează că în „religiozitatea cosmică" cuvîntul „Dumnezeu" este o analogie pentru sentimentul profund al unității, ordinii, armoniei și raționalității existenței. Pentru o indicație în acest sens vezi și textul *Religiozitatea cercetării*.

5. Aceasta numai deoarece și sensul pe care îl dă autorul cuvîntului „religie" este cu totul diferit de cel comun.

6. Fără îndoială că referindu-se la marii creatori de știință din trecut, Einstein vorbește aici și despre propria lui muncă, despre propria lui experiență cu privire la impulsurile și presupozițiile creației în știința teoretică.

SCRISOARE CĂTRE ACADEMIA PRUSACĂ DE ŞTIINŢE DIN 28 MARTIE 1933

Stările de lucruri care domnesc astăzi în Germania mă determină să renunţ, prin aceasta, la poziţia mea în Academia Prusacă de Ştiinţe. Academia mi-a oferit timp de 19 ani posibilitatea de a mă consacra, liber de orice obligaţie profesională, muncii ştiinţifice. Sînt conştient de măsura înaltă în care îi sînt îndatorat. Ies din cercul ei fără plăcere şi datorită imboldurilor şi frumoaselor relaţii omeneşti de care m-am bucurat, ca unul ce i-a aparţinut, în acest lung interval de timp, relaţii cărora le-am dat întotdeauna o înaltă apreciere.

Dependenţa condiţionată de poziţia mea faţă de guvernul prusac o resimt însă în împrejurările actuale ca insuportabilă.

Albert Einstein

SCRISOARE CĂTRE ACADEMIA PRUSACĂ DE ŞTIINŢE DIN 5 APRILIE 1933

Am primit din surse cu totul demne de crezare ştirea că Academia de Ştiinţe a pomenit într-o declaraţie oficială de „o participare a lui Albert Einstein la campania de instigare la ură din America şi Franţa“.

Declar prin aceasta că nu am participat niciodată la o campanie de instigare şi trebuie să adaug că nu am remarcat niciunde vreo urmă a unei asemenea campanii. În linii mari, toată lumea se mulţumeşte să redea şi să comenteze înştiinţările şi dispoziţiile oficiale ale persoanelor răspunzătoare din guvernul german, ca şi programul cu privire la distrugerea evreilor germani pe cale economică.

Declaraţiile pe care le-am făcut presei se referă la faptul că voi renunţa la poziţia mea în Academie şi la cetăţenia prusacă; îmi întemeiez această hotărîre pe faptul că nu doresc să trăiesc într-un stat care nu acordă indivizilor drepturi egale în faţa legii, ca şi libertatea cuvîntului şi a instrucţiei.

Am caracterizat, mai departe, starea din Germania de astăzi ca o stare de îmbolnăvire psihică a maselor şi am spus cîte ceva despre cauzele acestei stări.

Într-un document pe care l-am lăsat în scopuri de propagandă în grija Ligii internaţionale pentru combaterea antisemitismului, şi care nu era deloc destinat presei, i-am chemat pe toţi oamenii lucizi şi rămaşi credincioşi idealurilor unei civilizaţii ameninţate să facă totul pentru ca această psihoză de masă, care se exprimă într-un mod atît de înfricoşător în Germania, să nu se răspîndească mai departe.

Academiei i-ar fi fost ușor să intre în posesia textelor autentice ale declarațiilor mele înainte de a se exprima asupra mea în felul în care a făcut-o. Presa germană a deformat tendențios declarațiile mele și, ținînd seama de modul cum se pune astăzi acolo călușul presei, nici nu era de așteptat ca lucrurile să se petreacă altfel.

Răspund de orice cuvînt pe care l-am publicat. Aștept, pe de altă parte, de la Academie, în măsura în care ea însăși a participat la defăimarea mea în fața publicului german, să aducă această luare de poziție la cunoștința membrilor ei, ca şi a acelui public german în fața căruia am fost defăimat.

Albert Einstein

SCRISOARE CĂTRE ACADEMIA PRUSACĂ DE ŞTIINŢE DIN 12 APRILIE 1933

Am primit scrisoarea dumneavoastră din 7 aprilie a.c. şi regret profund felul de a gîndi ce se exprimă în ea.

În mod pozitiv, răspunsul meu se mărgineşte la următoarele: afirmaţiile dumneavoastră cu privire la poziţia mea sînt în esenţă doar o altă formă a declaraţiei dumneavoastră deja publicate în care mă învinovăţiţi de a fi participat la campania de instigare la ură împotriva poporului german. Această afirmaţie am şi calificat-o în ultima mea scrisoare ca fiind o calomnie.

Aţi observat, mai departe, că un „martor" de felul meu ar fi trebuit să acţioneze cu mai multă vigoare în străinătate „pentru poporul german". La aceasta trebuie să răspund că o mărturie ca aceea pe care mi-o pretindeţi ar fi fost echivalentă cu negarea tuturor acelor concepţii despre dreptate şi libertate pentru care m-am angajat de-a lungul întregii mele vieţi. O asemenea mărturie nu ar fi fost, cum spuneţi, o mărturie *pentru poporul german* şi ar fi putut acţiona numai în favoarea *acelora* care încearcă să înlăture toate acele idei şi principii care au asigurat poporului german un loc de frunte în civilizaţia lumii. În condiţiile date aş fi contribuit printr-o asemenea mărturie, fie şi numai indirect, la sălbăticirea moravurilor şi la distrugerea tuturor valorilor culturale de astăzi.

Tocmai din aceste motive m-am simţit constrîns să părăsesc Academia, iar scrisoarea dumneavoastră îmi dovedeşte doar cît de bine am făcut procedînd în acest fel.

Albert Einstein

ŞTIINŢĂ ŞI CIVILIZAŢIE

În vremuri de privaţiuni economice ca cele pe care le trăim astăzi pretutindeni, se poate vedea deosebit de limpede tăria forţelor morale ce sălăşluiesc într-un popor. Să sperăm că un istoric rostindu-şi verdictul cîndva în viitor, cînd Europa va fi unită din punct de vedere politic şi economic, va putea spune că în zilele noastre libertatea şi onoarea acestui continent au fost salvate de naţiunile occidentale, care în vremuri grele au rezistat cu dîrzenie ispitelor urii şi opresiunii; şi că Europa occidentală a apărat cu succes libertatea individului, căreia îi datorăm toate progresele cunoaşterii şi creaţiei — libertate fără de care pentru un om care se respectă viaţa nu merită să fie trăită.

Nu-mi pot lua astăzi sarcina de a judeca conduita unei naţiuni care mulţi ani de zile m-a considerat ca fiind al ei; pe semne că ar fi şi zadarnic să rosteşti judecăţi într-o vreme cînd acţiunea e cea care contează.

Astăzi, chestiunile care ne preocupă sînt: cum să salvăm omenirea şi achiziţiile ei spirituale ai căror moştenitori sîntem? Cum putem salva Europa de un nou dezastru?

Nu încape îndoială că seismele periculoase la care asistăm trebuie puse în parte pe seama crizei mondiale, a suferinţelor şi privaţiunilor cauzate de ea. În astfel de perioade nemulţumirea naşte ură, iar ura duce la acte de violenţă şi la revoluţie, adesea chiar şi la război. Astfel, privaţiunile şi răul generează noi privaţiuni şi rele [1]. Oamenii de stat sînt din nou împovăraţi cu uriaşe responsabilităţi, întocmai ca acum douăzeci de ani. Fie ca ei să izbutească prin înţelegeri neîntîrziate să instituie o cerinţă de unitate şi claritate în

ceea ce privește obligațiile internaționale în Europa, astfel încît pentru orice stat o aventură militară să fie complet lipsită de speranță. Străduința oamenilor de stat poate da însă roade numai dacă este susținută de voința serioasă și hotărîtă a poporului.

Sîntem preocupați nu numai de problema tehnică a asigurării și menținerii păcii, ci și de importanta sarcină a educării și luminării spiritelor. Dacă vrem să rezistăm forțelor care amenință să suprime libertatea intelectuală și individuală, trebuie să ne fie limpede despre ce este vorba și ce datorăm acestei libertăți pe care înaintașii noștri au cucerit-o pentru noi prin lupte grele.

Fără o asemenea libertate n-ar fi existat un Shakespeare un Goethe, un Newton, un Faraday, un Pasteur, un Lister. N-ar fi existat case confortabile pentru masele de oameni, n-ar fi existat cale ferată, radio, protecție contra epidemiilor, cărți ieftine, n-ar fi existat cultură și bucuria artei pentru toți. N-ar fi existat mașini care să scutească omul de truda istovitoare necesară pentru producerea celor trebuitoare vieții. Majoritatea oamenilor ar fi dus o viață sumbră de sclavie, întocmai ca sub vechile despotisme asiatice. Numai oamenii liberi creează invențiile și operele intelectuale care fac pentru noi modernii viața demnă de trăit.

Fără îndoială că actualele greutăți economice vor duce curînd la punctul în care balanța dintre cererea și oferta de muncă, dintre producție și consum va fi reglementată prin lege. Dar chiar și această problemă noi o vom rezolva cu oameni liberi și nu ne vom lăsa de dragul ei tîrîți într-o sclavie care ar duce în cele din urmă la stagnarea oricărei dezvoltări sănătoase [2].

În legătură cu aceasta aș vrea să dau expresie unei idei care mi-a venit de curînd. Am trăit în singurătate la țară și am observat cum monotonia unei vieți liniștite stimulează spiritul creator. Există anumite profesii în organizarea noastră modernă care implică o asemenea viață izolată fără a reclama prea mult efort fizic și intelectual. Mă gîndesc la ocupații cum sînt serviciul la farurile de pe coastă și din largul mărilor. N-ar putea fi angajați în astfel de slujbe tineri dornici să reflecteze la probleme științifice, îndeosebi de natură matematică sau filozofică? Foarte puțini asemenea oameni au șansa ca, în cea mai fecundă perioadă din viața lor, să se consacre netulburați, oricît de mult, problemelor

științifice. Chiar dacă un tînăr are norocul să obțină o bursă pentru o scurtă perioadă, el trebuie să se străduiască să ajungă cît mai repede cu putință la concluzii determinate, ceea ce nu poate fi în avantajul științei pure. Tînărul om de știință, care exercită o profesie practică obișnuită din care se întreține, se află într-o situație mult mai bună — presupunînd, firește, că această profesie nu-i răpește prea mult timp și energie. În felul acesta, pare-se, s-ar putea oferi condiții favorabile de dezvoltare intelectuală pentru un număr mai mare de indivizi creatori decît este cazul în prezent. În aceste vremuri de depresiune economică și de seisme politice asemenea considerații par să merite atenție[3].

Trebuie oare să ne îngrijoreze faptul că trăim într-o epocă de primejdie și lipsuri? Cred că nu. Omul, ca orice alt animal, este prin natura sa indolent. Dacă nimic nu-l îmboldește, nu se va omorî cu cugetarea și el se va comporta după tiparele obișnuinței, ca un automat. Eu nu mai sînt tînăr și deci pot să spun că în copilărie și în tinerețe am traversat o asemenea etapă, cînd tînărul se gîndește numai la banalitățile existenței personale, vorbește la fel ca semenii lui și se comportă asemeni lor. Cu greu îți poți da seama ce se ascunde în spatele unei asemenea măști convenționale. Căci datorită obișnuinței și vorbirii, adevărata lui personalitate este, ai zice, învelită în vată.

Cît de diferită este situația de acum! Fulgerele vremurilor noastre furtunoase ne descoperă făpturile umane și lucrurile în nuditatea lor. Fiecare națiune și fiecare individ uman își dezvăluie clar scopurile, puterile și slăbiciunile, precum și pasiunile. Rutina nu mai e de nici un folos acum cînd condițiile se schimbă vertiginos; convențiile sînt lepădate din mers, ca niște învelitori uzate.

Apăsați de privațiuni, oamenii încep să se gîndească la eșecul practicii economice și la necesitatea unor aranjamente politice cu caracter supranațional. Numai pericolele și răsturnările pot sili națiunile să se dezvolte mai departe. Fie ca seismele actuale să ducă la o lume mai bună.

Dincolo și mai presus de această apreciere a epocii noastre mai avem încă o datorie — de a ne îngriji de ceea ce este etern și mai înalt în tot ce avem, de acel ceva care dă sens vieții și pe care vrem să-l transmitem copiilor noștri mai pur și mai bogat decît l-am preluat de la înaintași.

NOTE

1. Asemenea aprecieri sînt caracteristice pentru una din temele gîndirii sociale a lui Einstein, respingerea în principiu a violenței. Evenimente ulterioare l-au convins pe Einstein că uneori nu există alternativă la folosirea forței, cel puțin în măsura în care folosirii forței de către agresor nu i se poate răspunde decît prin forță.

2. Problema lui Einstein este, așadar, cea a armonizării nevoilor de planificare și control social pe care le ridică dezvoltarea economică și socială modernă cu asigurarea libertăților democratice și a condițiilor pentru manifestarea neîngrădită a capacităților și inițiativelor creatoare ale indivizilor. Fără îndoială că Einstein este departe de a fi găsit soluții practice pentru asemenea probleme în spiritul principiilor generale pe care le formulează aici și în alte scrieri.

3. Acest pasaj și propunerea pe care o conține oglindește foarte bine reprezentarea lui Einstein despre natura cercetării științifice, ca și experiențele sale personale. În condițiile cercetării științifice de masă din zilele noastre această reprezentare ne apare drept una „romantică" sau „eroică". Vorbind de cercetarea științifică, Einstein avea în vedere știința teoretică și anume, în primul rînd, încercarea de a formula și elabora idei cu totul noi, revoluționare, nu rezolvarea de probleme în cadre date. El sublinia că nici chiar un talent deosebit unit cu multă perseverență nu poate garanta succesul în rezolvarea unor asemenea probleme. Iată de ce cercetarea științifică nu ar trebui să fie practicată ca o profesiune obișnuită, adică drept sursă a existenței individului. Unui student american ce intenționa să se consacre cercetării în astronomie, Einstein îi scria în vara anului 1951: „Știința este un lucru minunat dacă nu trebuie să trăiești de pe urma ei. Ar trebui să ne cîștigăm traiul printr-o muncă pe care sîntem siguri că putem să o facem. Numai atunci vom găsi bucurie în efortul științific pentru care nu trebuie să dăm socoteală nimănui." (A. Einstein, *Correspondance* Inter Editions, Paris, 1980, p. 7.) Cît privește experiențele personale, Einstein nu putea desigur să uite că cea mai fertilă perioadă a activității sale științifice a fost cea în care a lucrat ca expert la Oficiul federal de brevete din Berna. Reflecțiile lui erau desigur colorate de experiența eșecului încercărilor întreprinse de-a lungul a mai mult de trei decenii pentru a găsi o bază unitară a fizicii într-o teorie generală a cîmpului. În ciuda unei consecvențe fără egal în urmărirea acestui țel științific, Einstein nu a reușit să-și atingă obiectivul.

RELIGIOZITATEA CERCETĂRII

Veți găsi cu greu un spirit științific mai iscoditor căruia să nu-i fie proprie o religiozitate de un fel deosebit.

Această religiozitate se deosebește de cea a omului naiv. Pentru acesta din urmă, Dumnezeu este o ființă de la care se așteaptă ocrotire, de a cărui pedeapsă ne temem, un sentiment sublimat de felul celui ce îl leagă pe copil de tatăl său, o ființă cu care sîntem într-o anumită măsură în relație personală, oricît de demnă de respect ar putea ea să pară.

Cercetătorul este însă pătruns de determinarea cauzală a tot ce se întîmplă. Viitorul este pentru el nu mai puțin necesar și determinat decît trecutul [1]. Moralitatea nu este pentru el o chestiune dumnezeiască, ci una pur omenească. Religiozitatea lui stă în uimirea extaziată față de armonia legității naturale, în care se dezvăluie o rațiune atît de superioară încît orice gîndire cu sens și orînduire omenească reprezintă un reflex cu totul neînsemnat [2]. Acest simțămînt este laitmotivul vieții și străduinței sale, în măsura în care se poate ridica deasupra dominației dorințelor egoiste. Fără îndoială că acest simțămînt este strîns înrudit cu acela care a stăpînit naturile în mod religios creatoare din toate timpurile.

NOTE

1. Einstein exprimă aici mai mult decît ideea generală a determinismului, a determinării evenimentelor prin legi. El formulează concepția sa despre determinarea necesară a tuturor evenimentelor viitorului prin legi stricte, o concepție ce se situează în tradiția deterministă

clasică, ilustrată de Laplace. În această tradiţie de gîndire *întîmplarea, contingenţa* sînt expresii pe care le utilizăm pentru a desemna evenimente şi procese ale căror corelaţii cauzale nu sînt încă cunoscute. După masacrele celui de-al doilea război mondial, îndeosebi după uciderea în masă a evreilor în Germania nazistă şi în teritoriile ocupate, se pare că Einstein şi-a revizuit opiniile extremiste formulate aici cu privire la lipsa de libertate a voinţei individului.

2. În acest pasaj apare mai clar că Einstein numeşte încrederea în ceea ce califică drept „armonie a legităţii naturale" un sentiment religios prin analogie cu sentimentul unităţii şi armoniei existenţei, care pare să-i fi însufleţit pe unii mari gînditori şi artişti.

ŞTIINŢĂ ŞI SOCIETATE

Ştiinţa vine în atingere cu problemele omeneşti pe două căi. Prima o cunoaşte toată lumea: în mod direct, iar într-o măsură şi mai mare în mod indirect, ştiinţa produce mijloace care au transformat complet existenţa umană. A doua cale priveşte educaţia, acţiunea ştiinţei asupra spiritului. Deşi la o examinare superficială poate să pară mai puţin evident, cea de-a doua cale nu este mai puţin pătrunzătoare decît prima.

Cel mai izbitor efect practic al ştiinţei constă în faptul că ea face posibilă inventarea unor lucruri care îmbogăţesc viaţa, deşi în acelaşi timp o şi complică — invenţii cum sînt maşina cu aburi, calea ferată, puterea şi lumina electrică, telegraful, radioul, automobilul, avionul, dinamita etc. La acestea trebuie adăugate realizările biologiei şi ale medicinei ce servesc la apărarea vieţii, îndeosebi producţia de analgezice şi metodele de conservare a alimentelor. Cel mai mare beneficiu practic pe care-l aduc omului toate aceste invenţii constă, după cît mi se pare, în faptul că îl eliberează de truda musculară excesivă ce era odinioară indispensabilă pentru simpla supravieţuire. În măsura în care putem pretinde că sclavia a fost astăzi abolită, datorăm aceasta consecinţelor practice ale ştiinţei.

Pe de altă parte, tehnologia — sau ştiinţa aplicată — a făcut ca omenirea să se confrunte cu probleme de o mare gravitate. Însăşi supravieţuirea omenirii depinde de o rezolvare satisfăcătoare a acestor probleme. Este vorba de crearea unor asemenea instituţii sociale şi tradiţii fără de

care noile cuceriri tehnice trebuie să ducă în mod inevitabil la cel mai teribil dezastru.

Mijloacele de producție mecanice au dus într-o economie neplanificată la situația în care o parte însemnată a omenirii nu mai este necesară pentru producerea de bunuri și astfel este exclusă din procesul economic. Consecințele imediate sînt slăbirea puterii de cumpărare și devalorizarea muncii ca urmare a concurenței excesive, iar acestea au generat, la intervale din ce în ce mai scurte, grave paralizii în producția de bunuri. Proprietatea asupra mijloacelor de producție, pe de altă parte, deține o putere cu care paznicii tradiționali ai instituțiilor noastre politice nu se pot măsura. Omenirea este prinsă într-o luptă pentru adaptare la aceste condiții noi — luptă ce poate duce la o adevărată eliberare, dacă generația noastră se va dovedi la înălțimea sarcinii.

Tehnologia, de asemenea, a scurtat distanțele și a creat noi mijloace de distrugere, extraordinar de eficiente, care în mîinile națiunilor ce pretind o libertate de acțiune nelimitată devin o amenințare pentru securitatea și supraviețuirea însăși a omenirii. Această situație face necesară o singură putere judecătorească și executivă pentru întreaga planetă, iar tradițiile naționale se opun cu înverșunare creării unei asemenea autorități centrale. Ne aflăm și din acest punct de vedere în miezul unei lupte al cărei rezultat va hotărî destinul nostru al tuturor[1].

În fine, mijloacele de comunicare — procedeele de multiplicare a cuvîntului tipărit și radioul — atunci cînd sînt combinate cu armamentul modern, fac posibilă punerea trupului și a sufletului sub o autoritate centrală—și aceasta este o a treia sursă de primejdie pentru omenire. Tiraniile moderne și urmările lor distrugătoare arată limpede cît de departe sîntem de utilizarea organizatorică a acestei realizări spre folosul omenirii. Și aici împrejurările cer o soluție internațională, însă fundamentul psihologic pentru o asemenea soluție nu a fost încă pus.

Să vedem acum care sînt efectele intelectuale produse de știință. În epocile preștiințifice nu era posibil să se ajungă doar cu mijloacele gîndirii la rezultate pe care întreaga omenire să le fi putut accepta drept certe și necesare. Mai puțin încă exista convingerea că tot ce se întîmplă în natură

este supus unor legi inexorabile. Caracterul fragmentar al legii naturale, așa cum o vedea observatorul primitiv, era de natură să alimenteze credința în fantome și spirite. De aceea pînă și astăzi omul primitiv trăiește într-o permanentă teamă că forțe supranaturale și arbitrare vor interveni în destinul său.

Este meritul nepieritor al științei că, acționînd asupra spiritului uman, a biruit nesiguranța omului în fața lui însuși și în fața naturii. Creînd matematica elementară, grecii au edificat pentru prima dată un sistem de gîndire ale cărui concluzii nimeni nu le putea eluda. Oamenii de știință din epoca Renașterii au inventat apoi combinarea experimentului sistematic cu metoda matematică. Această unire a făcut posibilă o asemenea precizie în formularea legilor naturale și o asemenea certitudine în testarea lor cu ajutorul experienței, încît în științele naturii nu mai rămînea loc pentru deosebiri fundamentale de opinii[2].

Începînd de atunci, fiecare generație a continuat să îmbogățească tezaurul cunoașterii și înțelegerii, fără să existe cea mai mică primejdie a unei crize care să amenințe întregul edificiu.

Publicul larg nu este în stare decît în mică măsură să urmărească detaliile cercetării științifice; el poate să rețină însă cel puțin un cîștig mare și important: încrederea în gîndirea umană și în universalitatea legii naturale.

NOTE

1. Einstein a înțeles foarte bine, încă acum o jumătate de secol, că în primul plan al vieții sociale moderne și al preocupărilor oamenilor se situează probleme ce nu pot fi abordate și soluționate cu succes decît la nivel planetar, prin cooperare și acțiune convergentă a popoarelor și statelor naționale. Astăzi sîntem în situația de a aprecia mai bine însemnătatea și acuitatea acestor probleme. Înfruntarea diferitelor concepții cu privire la căile rezolvării unor probleme cu caracter global constituie un domeniu central al confruntărilor ideologice în lumea de astăzi. Einstein însuși, cum se poate constata mai bine din alte scrieri care nu au fost reținute în această selecție, bunăoară cele în care se propagă ideea unui guvern mondial, nu a văzut o altă cale de rezolvare a problemelor globale decît cea a limitării suveranității naționale.

2. Acestei afirmații nu trebuie să i se dea un sens prea general. Einstein avea evident în vedere faptul că cercetători care împărtășesc în comun anumite idealuri cognitive și reprezentări asupra criteriilor cunoașterii obiective, utilizînd aceleași metode de cercetare,

vor ajunge în mod necesar la un consens în ceea ce privește chestiuni de ordin teoretic și experimental. Dimpotrivă, între cercetători ce aderă în mod spontan la țeluri și idealuri de cunoaștere diferite pot să apară și să persiste deosebiri de păreri ce nu pot fi depășite prin producerea unor argumente cu caracter tehnic. Divergența principială dintre Einstein și susținătorii interpretării școlii de la Copenhaga cu privire la teoria cuantică și la rolul ei în dezvoltarea gîndirii fizice este o bună ilustrare a unei asemenea deosebiri de păreri persistente între cercetători competenți și de bună credință. Deosebirile de păreri de acest fel, pe care Einstein nu le are în vedere aici, nu pot fi depășite decît prin indicațiile pe care le oferă dezvoltarea în perspectivă, adesea pe termen lung, a gîndirii științifice.

DESPRE EDUCAȚIE

Obiceiul este ca o aniversare să fie consacrată în primul rînd retrospectivei, îndeosebi memoriei personalităților care și-au cîștigat merite deosebite în dezvoltarea vieții culturale. Acest cald omagiu către predecesorii noștri se cuvine, într-adevăr, să nu fie neglijat, mai cu seamă fiindcă amintirea celor mai buni din trecut îi poate stimula pe cei de bună credință din zilele noastre la un efort curajos. S-ar fi cuvenit însă ca acest omagiu să fie adus de cineva care, din tinerețea sa, a fost legat de statul New York și cunoaște bine trecutul lui, și nu de unul care a rătăcit, ca țiganul, din loc în loc, culegîndu-și experiențele din cele mai diferite țări.

Nu-mi mai rămîne, așadar, decît să vorbesc despre niște lucruri care, independent de spațiu și timp, au fost și vor fi întotdeauna legate de problemele educației. În această încercare nu pot emite cîtuși de puțin pretenția de a fi o autoritate, mai cu seamă cînd mă gîndesc că oameni inteligenți și bine intenționați din toate timpurile s-au ocupat cu probleme de educație și și-au expus, cu siguranță, în repetate rînduri cu claritate punctele de vedere asupra acestor chestiuni. Profan pe jumătate cum sînt în domeniul pedagogiei, de unde să-mi iau curajul de a expune opinii ce n-au alt temei decît experiența și convingerea personală? Dacă ar fi vorba de o chestiune pur științifică, astfel de considerații m-ar îndemna probabil la tăcere.

Cînd este vorba însă de chestiuni ce interesează ființe umane active, lucrurile se prezintă altfel. Aici numai cunoașterea adevărului nu este de-ajuns; dimpotrivă, această

cunoaştere trebuie continuu înnoită prin efort neîncetat, dacă vrem să nu se piardă. Ea se aseamănă cu o statuie de marmură aşezată în deşert şi mereu ameninţată să fie îngropată de nisipuri mişcătoare. Mîini harnice trebuie să trudească neîncetat, pentru ca marmura să continue să strălucească permanent la lumina soarelui. Aş vrea ca printre aceste mîini harnice să se afle şi ale mele.

Şcoala a fost întotdeauna mijlocul cel mai important pentru transferarea comorilor tradiţiei de la o generaţie la cea următoare. Lucrul acesta este şi mai adevărat astăzi decît în trecut, deoarece prin dezvoltarea modernă a vieţii economice, rolul familiei de purtător al tradiţiei şi al educaţiei a slăbit. Viaţa şi sănătatea societăţii umane depinde, astfel, de şcoală într-o măsură si mai mare decît în trecut.

Uneori şcoala este privită doar ca un instrument pentru transmiterea unei anumite cantităţi maxime de cunoştinţe către tînăra generaţie. Lucrurile nu stau însă aşa. Cunoştinţele sînt ceva mort; şcoala, în schimb, serveşte vieţii. Ea trebuie să dezvolte la tineri acele calităţi şi capacităţi care prezintă valoare pentru bunăstarea obştei. Aceasta nu înseamnă însă că individualitatea trebuie anihilată, iar individul trebuie să devină o simplă unealtă a comunităţii, aidoma unei albine sau unei furnici. Fiindcă o comunitate de indivizi standardizaţi, fără originalitate personală şi scopuri personale ar fi o comunitate nevolnică, fără posibilităţi de dezvoltare. Dimpotrivă, scopul trebuie să fie formarea unor indivizi caracterizaţi prin acţiune şi gîndire independentă care văd însă menirea supremă a vieţii lor în slujirea obştei. Din cîte pot judeca, sistemul britanic de învăţămînt se apropie cel mai mult de realizarea acestui ideal.

Cum trebuie însă să ne străduim să atingem acest ideal? Nu cumva prin predici moralizatoare? Nicidecum! Cuvintele sînt şi rămîn sunete goale, iar drumul spre pierzanie a fost însoţit întotdeauna de exaltarea în vorbe a cîte unui ideal. Personalităţile nu se formează însă prin spuse şi auzite, ci prin muncă şi activitate.

De aceea, cea mai importantă metodă de educaţie a constat dintotdeauna în a-l antrena pe tînăr într-o activitate efectivă. Aceasta este valabil atît pentru primele încercări ale şcolarului de a deprinde scrisul, cît şi pentru

lucrarea de licență la absolvirea universității, pentru simpla memorare a unei poezii, pentru scrierea unei compuneri, interpretarea și traducerea unui text, rezolvarea unei probleme de matematică sau practicarea unui sport.

În spatele oricărei realizări stă însă motivația pe care se întemeiează și pe care, la rîndul ei, reușita activității o întărește și o alimentează. Aici întîlnim cele mai mari diferențe și ele sînt de cea mai mare importanță pentru valoarea educațională a școlii. Una și aceeași muncă își poate avea drept origine teama și constrîngerea, dorința ambițioasă de autoritate și de autoevidențiere, sau interesul sincer pentru obiect și dorința de adevăr și înțelegere, așadar acea curiozitate divină pe care o posedă orice copil sănătos, dar care de atîtea ori seacă de timpuriu. Influența educativă exercitată asupra tînărului prin efectuarea uneia și aceleiași activități poate fi foarte diferită, după cum la baza ei stau teama de pedeapsă, pasiunea egoistă sau dorința de plăcere și satisfacție. Și nimeni nu va susține că administrația școlii și atitudinea învățătorilor și profesorilor nu are influență asupra modelării structurii psihologice a tinerilor.

Mie mi se pare că pentru o școală lucrul cel mai rău este să lucreze în principal cu metodele fricii, forței și autorității artificiale. Un asemenea tratament distruge sentimentele sănătoase, sinceritatea și încrederea în sine a tînărului. El produce supusul umil. Nu e de mirare că asemenea școli constituie regula în Germania și Rusia. Știu că școlile din această țară sînt scutite de acest mare rău; la fel e și în Elveția și probabil și în toate țările cu o guvernare democratică. Este relativ simplu ca școala să fie ferită de acest rău mai mare decît toate. Dați în mîna educatorului cît mai puține măsuri coercitive cu putință, astfel încît singura sursă a respectului tinerilor față de el să fie calitățile lui umane și intelectuale.

Cel de-al doilea motiv menționat, ambiția sau, în termeni mai blînzi, năzuința spre recunoaștere și considerație, este puternic sădită în natura umană. Fără un stimul mintal de acest fel cooperarea dintre oameni ar fi cu totul imposibilă; dorința individului de a-și cîștiga aprobarea semenilor constituie cu siguranță una din cele mai importante forțe coezive ale societății. În acest complex de simțăminte stau strîns alăturate forțe constructive și destructive. Dorința de a fi aprobat și recunoscut este un mobil sănătos; însă dorința

de a fi recunoscut drept mai bun, mai puternic sau mai inteligent decît semenul tău sau decît colegul tău de școală duce ușor la o conformație psihologică excesiv de egoistă, ce poate deveni păgubitoare pentru individ și pentru comunitate. De aceea, școala și educatorul trebuie să se ferească de a folosi metoda facilă a ațîțării ambiției individuale spre a-i face pe copii silitori la învățătură.

Mulți au invocat teoria darwinistă a luptei pentru existență și selecția legată de ea ca îndreptățire pentru încurajarea spiritului de competiție. Unii au încercat de asemenea pe această cale să dovedească în mod pseudoștiințific necesitatea competiției economice destructive între indivizi. Această idee este însă greșită, deoarece omul își datorează forța sa în lupta pentru existență faptului că este un animal care trăiește în societate. Lupta dintre membrii unei comunități umane este la fel de puțin esențială pentru supraviețuire ca și lupta dintre furnicile individuale ce trăiesc în același furnicar.

Trebuie să ne ferim deci a predica tinerilor ca scop al vieții succesul în sensul curent al termenului. Fiindcă un om de succes este cel care primește mult de la semenii săi, de obicei incomparabil mai mult decît echivalentul serviciilor făcute de el lor. Valoarea unui om trebuie văzută însă în ceea ce dă, și nu în ceea ce e capabil să primească.

Imboldul cel mai important pentru muncă în școală și în viață este plăcerea de a munci, plăcerea produsă de rezultatul muncii și conștiința valorii acestui rezultat pentru comunitate. Sarcina cea mai importantă a școlii eu o văd în trezirea și întărirea acestor forțe psihologice ale tinerilor. Numai un asemenea fundament psihologic duce la o năzuință fericită spre cele mai înalte bunuri ale omului — cunoașterea și creația artistică.

Trezirea acestor puteri psihologice productive este, desigur, mai puțin ușoară decît practicarea forței sau ațîțarea ambiției individuale, dar este în schimb mai de preț. Principalul este dezvoltarea înclinației copilărești pentru joacă și a dorinței copilărești de a dobîndi recunoașterea precum și călăuzirea copilului spre domenii importante pentru societate; este acea educație care se bazează în principal pe dorința de a desfășura cu succes o activitate și pe dorința de recunoaștere. Dacă școala izbutește să lucreze cu succes într-o

asemenea direcție, ea își va dobîndi o înaltă stimă în ochii tinerei generații și sarcinile date de ea vor fi primite ca un dar. Personal am cunoscut copii care preferau vacanței zilele petrecute la școală.

O asemenea școală pretinde din partea educatorului să fie un fel de artist în domeniul său. Ce se poate face pentru ca un astfel de spirit să fie adoptat în școli ? Aici există la fel de puțin un remediu universal ca și pentru păstrarea sănătății unui individ. Există însă anumite condiții ce trebuie neapărat întrunite. În primul rînd, educatorii trebuie crescuți în astfel de școli. În al doilea rînd, educatorului trebuie să i se lase o largă libertate în alegerea materialului ce urmează a fi predat și a metodelor de predare. Căci și pentru el e adevărat că forța și presiunea exterioară ucid plăcerea muncii de calitate.

Dacă ați urmărit atent pînă aici reflecțiile mele, vă veți mira probabil de un lucru. Am vorbit pe larg de spiritul în care, după opinia mea, trebuie instruit tineretul. Dar n-am spus încă nimic despre alegerea materiilor de predat și nici despre metoda de predare. Trebuie să predomine studiul limbii sau educația științifică specializată ?

La asta răspund că, după părerea mea, toate acestea sînt de o importanță secundară. Dacă un tînăr și-a exersat mușchii și rezistența fizică prin gimnastică și mers, mai tîrziu el va fi apt pentru orice muncă fizică. Analog stau lucrurile și cu exersarea minții și a aptitudinilor intelectuale și manuale. Nu a greșit hîtrul care a spus: „Educația e ceea ce îți rămîne după ce ai uitat tot ce ai învățat la școală". Iată de ce nu mă preocupă cîtuși de puțin să iau atitudine în lupta ce se poartă între partizanii educației clasice filologico-istorice și cei ai educației orientate mai mult spre științele naturii.

Pe de altă parte, mă opun ideii că școala trebuie să transmită direct tinerilor acele cunoștințe și deprinderi speciale pe care mai tîrziu le vor folosi direct în viață. Cerințele vieții sînt mult prea variate pentru ca să pară posibilă o instruire atît de specializată în timpul școlii. În afară de aceasta, nu mi se pare indicat ca individul să fie tratat ca o unealtă fără viață. Școala trebuie să urmărească tot timpul ca tînărul să părăsească băncile ei nu ca un specialist, ci ca o personalitate armonioasă. Aceasta este valabil, după opinia mea, într-un anumit sens chiar și pentru școlile tehnice, ai căror

absolvenți se vor consacra unei profesiuni bine determinate. Pe primul plan trebuie pusă totdeauna dezvoltarea capacității generale de gîndire și de judecată independentă, și nu dobîndirea de cunoștințe de specialitate. Dacă cineva stăpînește bazele domeniului studiat și dacă a învățat să gîndească și să lucreze independent, el își va găsi cu siguranță drumul și, în plus, va fi mai bine pregătit pentru a se adapta progresului și schimbărilor decît cel a cărui educație a constat în principal în dobîndirea de cunoștințe detaliate.

În încheiere, vreau să subliniez încă o dată că ceea ce am spus aici într-o formă oarecum categorică nu pretinde să fie mai mult decît opinia personală a unui om, bazată *exclusiv* pe experiența personală pe care a dobîndit-o ca elev, student și profesor.

DESPRE LIBERTATE

Ştiu că a discuta despre judecăţile de valoare fundamentale este o îndeletnicire sterilă. Căci dacă, de exemplu, cineva ar fi de acord cu stîrpirea speciei umane de pe suprafaţa Pămîntului, acest punct de vedere nu ar putea fi respins pe temeiuri raţionale. Dacă însă cădem de acord asupra anumitor scopuri şi valori, se poate argumenta raţional cu privire la mijloacele cu ajutorul cărora se pot atinge aceste obiective. Să indicăm aşadar, două scopuri cu care ar putea fi de acord majoritatea celor care citesc aceste rînduri:

1. Acele bunuri instrumentale care sînt menite să servească la menţinerea vieţii şi a sănătăţii tuturor fiinţelor umane trebuie produse cu minimul de muncă posibil;

2. satisfacerea nevoilor fizice este într-adevăr o condiţie indispensabilă a unei existenţe mulţumitoare, dar nu este prin ea însăşi suficientă. Pentru a fi mulţumiţi, oamenii trebuie să aibă şi posibilitatea de a-şi dezvolta puterile intelectuale şi artistice în cît mai deplină conformitate cu caracteristicile şi aptitudinile lor personale.

Primul din aceste două scopuri reclamă promovarea tuturor ramurilor cunoaşterii privitoare la legile naturii şi la legile proceselor sociale, adică promovarea tuturor cercetărilor ştiinţifice. Căci ştiinţa este un întreg natural ale cărui părţi se sprijină reciproc în modalităţi pe care, fireşte, nimeni nu le poate anticipa. Progresul ştiinţei presupune însă posibilitatea comunicării neîngrădite a tuturor rezultatelor şi judecăţilor — libertatea de exprimare şi de instruire pe

toate tărîmurile muncii intelectuale. Prin libertate înțeleg condiții sociale de așa fel încît exprimarea opiniilor și asertiunilor referitoare la chestiuni generale și particulare ale cunoașterii să nu comporte pericole sau dezavantaje serioase pentru cei care le exprimă. Această libertate de exprimare este indispensabilă pentru dezvoltarea și extinderea cunoașterii științifice — constatare ce prezintă o mare importanță practică. În prima instanță ea trebuie garantată prin lege. Legile însă nu pot garanta singure libertatea de exprimare; pentru ca orice om să-și poată expune nepedepsit vederile sale, în rîndurile întregii populații trebuie să domnească un spirit de toleranță. Un asemenea ideal de libertate exterioară nu poate fi niciodată atins pe deplin, dar trebuie urmărit neîncetat în gîndirea științifică, iar cugetarea filozofică și cugetarea creatoare în general trebuie promovate cît mai mult cu putință.

Pentru atingerea celui de-al doilea scop, adică a posibilității de dezvoltare spirituală a tuturor indivizilor, este nevoie de un al doilea fel de libertate exterioară. Omul nu trebuie să fie nevoit să muncească atît de mult pentru agonisirea celor necesare traiului, încît să nu-i rămînă timp și energie pentru activități personale. Fără acest al doilea fel de libertate exterioară, libertatea de exprimare nu i-ar fi de nici un folos. Progresele tehnologiei ar oferi posibilitatea acestui fel de libertate dacă s-ar rezolva problema unei diviziuni raționale a muncii.

Dezvoltarea științei și a activităților creatoare ale spiritului în general mai reclamă încă un gen de libertate, ce ar putea fi caracterizată drept libertate interioară. Este acea libertate a spiritului care constă în independența gîndirii de cătușele prejudecăților autoritare și sociale, precum și de obișnuința și rutina necritice în general. Această libertate interioară este un dar al naturii care nu se întîlnește des și care pentru individ reprezintă un țel demn de rîvnit. Comunitatea poate face însă mult și pentru promovarea acestei realizări, cel puțin prin aceea că nu-i stînjenește dezvoltarea. Școlile,

bunăoară, pot împiedica dezvoltarea libertății interioare exercitînd influențe autoritare sau impunînd tinerilor solicitări spirituale excesive; pe de altă parte, școlile pot favoriza o asemenea libertate încurajînd gîndirea independentă. Numai prin cultivarea constantă și conștientă a libertății exterioare și a celei interioare se asigură posibilitatea dezvoltării și perfecționării spirituale și, astfel, a îmbunătățirii vieții exterioare și interioare a omului.

ŞTIINŢĂ ŞI RELIGIE

I

De-a lungul secolului trecut şi, în parte, şi în cel de dinaintea lui era larg împărtăşită ideea unui conflict ireconciliabil între cunoaştere şi credinţă. Printre spiritele înaintate precumpănea opinia că a sosit timpul pentru a înlocui tot mai mult credinţa prin cunoaştere; credinţa ce nu se sprijinea ea însăşi pe cunoaştere era superstiţie şi ca atare trebuia combătută [1]. Potrivit acestei concepţii, unica funcţie a educaţiei era de a deschide calea gîndirii şi cunoaşterii, iar şcoala, ca principal instrument al educaţiei poporului, trebuia să servească exclusiv acestui scop.

Probabil că punctul de vedere raţionalist nu a fost decît rareori, sau poate niciodată, exprimat într-o formă atît de frustă; fiindcă orice om inteligent şi-ar da seama din capul locului cît este de unilaterală o asemenea luare de poziţie. Este bine însă ca o teză să fie enunţată într-o formă cît mai nudă şi mai tranşantă dacă vrem să-i înţelegem cît mai limpede miezul.

E adevărat că experienţa şi gîndirea clară sînt cele mai bune temeiuri pentru convingerile noastre. În această privinţă trebuie să fim fără rezerve de acord cu raţionalismul extrem. Punctul slab al concepţiei sale ţine însă de faptul că acele convingeri care sînt necesare şi determinante pentru conduita şi judecăţile noastre nu pot fi găsite numai pe această cale ştiinţifică solidă.

Căci metoda ştiinţifică nu ne poate instrui decît cu privire la modul cum se leagă faptele între ele şi cum se condi-

ționează unele pe altele. Aspirația spre o asemenea cunoaștere obiectivă este una din cele mai înalte de care este capabil omul și sînt sigur că nu mă veți bănui de intenția de a minimaliza realizările și eforturile eroice ale omului în această sferă. Este însă la fel de clar că de la cunoașterea a ceea ce *este* nu duce nici un drum direct spre ceea ce *trebuie să fie*. Poți avea cele mai clare și mai complete cunoștințe despre ceea ce *este* și totuși să nu poți deduce de aci care trebuie să fie *ținta* aspirațiilor umane. Cunoașterea obiectivă ne pune la îndemînă instrumente puternice pentru înfăptuirea anumitor scopuri, dar scopul ultim el însuși și năzuința de a-l atinge trebuie să provină din altă sursă. Și ar fi de prisos să argumentăm în sprijinul ideii că existența și activitatea noastră dobîndesc un sens numai prin fixarea unui asemenea scop și a valorilor corespunzătoare. Cunoașterea adevărului ca atare este minunată, dar, departe de a ne putea servi drept călăuză, ea nu poate oferi o justificare și o valoare nici măcar năzuinței înseși spre cunoașterea adevărului. Așadar, aici atingem limitele concepției pur raționale despre existența noastră.[2]

Aceasta nu înseamnă însă că gîndirea rațională nu poate juca nici un rol în formarea scopului și a judecăților etice. Cînd cineva își dă seama că pentru realizarea unui scop ar fi utile anumite mijloace, mijloacele înseși devin prin aceasta un scop. Rațiunea clarifică relația dintre mijloace și scopuri. Ceea ce gîndirea nu ne poate da însă prin ea însăși este un sens al scopurilor ultime și fundamentale. Tocmai postularea acestor scopuri și valori fundamentale și statornicirea lor în viața emoțională a individului îmi pare a fi cea mai importantă funcție pe care religia o are de îndeplinit în viața socială a omului. Iar dacă ne întrebăm mai departe de unde provine autoritatea unor asemenea scopuri fundamentale, de vreme ce ele nu pot fi formulate și justificate doar cu ajutorul rațiunii, răspunsul nu poate fi decît că ele există într-o societate sănătoasă ca niște tradiții puternice ce acționează asupra conduitei, aspirațiilor și judecăților indivizilor; ele sînt prezente aici ca o ființă vie, fără să fie necesară justificarea existenței lor. Ele își dobîndesc existența nu prin demonstrație, ci prin revelație, avînd ca mediu personalități puternice.[3] Nu trebuie să se

încerce justificarea lor, ci trebuie să se încerce ca natura lor să fie simțită simplu și clar.

Cele mai înalte principii pentru aspirațiile și judecățile noastre ne sînt date în tradiția religioasă iudeo-creștină.[4] Este un scop foarte înalt, pe care, cu slabele noastre puteri, nu-l putem atinge decît într-un mod total inadecvat, dar care dă un fundament sigur aspirațiilor și valorizărilor noastre. Dacă desprindem acest scop de forma lui religioasă și considerăm doar latura lui pur umană, am putea, pare-se, să-l formulăm astfel: dezvoltarea liberă și responsabilă a individului, astfel încît acesta să-și poată pune în mod liber și bucuros puterile în slujba întregii omeniri.

Aici nu există loc pentru divinizarea unei națiuni, a unei clase și cu atît mai puțin a unui individ. Nu sîntem oare cu toții copiii aceluiași părinte, cum se spune în limbaj religios? Mai mult chiar, nici măcar divinizarea umanității, ca totalitate abstractă, nu ar fi în spiritul acestui ideal. Numai individului îi este dat un suflet. Iar destinul înalt al individului este de a sluji, și nu de a stăpîni sau de a se impune în vreun alt mod.

Dacă luăm în considerare substanța, și nu forma, putem spune că aceste cuvinte exprimă totodată poziția democratică fundamentală. Adevăratul democrat poate la fel de puțin să-și divinizeze națiunea ca și omul religios, în accepția dată de noi acestui termen [5].

Care este atunci, în toate acestea, funcția educației și a școlii? Ele trebuie să-l ajute pe tînăr să crească într-un asemenea spirit încît aceste principii fundamentale să fie pentru el aidoma aerului pe care-l respiră. Simpla instruire nu poate face acest lucru.

Dacă avem limpezi în fața ochilor aceste înalte principii și dacă le comparăm cu viața și spiritul epocii noastre, este absolut evident că omenirea civilizată se află în prezent într-o primejdie gravă. În statele totalitare cîrmuitorii înșiși sînt cei ce urmăresc efectiv să distrugă spiritul umanității. În locurile mai puțin amenințate, naționalismul și intoleranța, precum și oprimarea indivizilor prin mijloace economice sînt cele ce amenință să înăbușe aceste neprețuite tradiții.

Tot mai mulți oameni luminați își dau seama însă cît de mare este primejdia și se depun multe strădanii pentru găsirea mijloacelor de a înfrunta primejdia — mijloace în

domeniul politicii naţionale şi internaţionale, al legislaţiei, al organizării în general. Asemenea eforturi sînt, fără îndoială, foarte necesare. Cei vechi ştiau însă un lucru pe care noi se pare că l-am uitat. Toate mijloacele se dovedesc a nu fi decît un instrument grosolan şi ineficace, dacă n-au în spatele lor un spirit viu. Dacă însă năzuinţa spre atingerea scopului trăieşte puternic în noi, nu ne va lipsi forţa necesară pentru a găsi mijloacele de realizare a scopului şi de transpunere a lui în viaţă.

II

N-ar fi greu să cădem de acord asupra a ceea ce se înţelege prin ştiinţă. Ştiinţa este strădania seculară de a aduna laolaltă cu ajutorul gîndirii sistematice fenomenele perceptibile ale acestei lumi într-o corelaţie cît mai deplină. Este — într-o formulare îndrăzneaţă — încercarea de reconstrucţie ulterioară a existenţei prin procesul de conceptualizare. Cînd mă întreb însă ce este religia, nu mi-e atît de uşor să aflu un răspuns. Şi chiar după ce aş găsi un răspuns care să mă satisfacă în momentul de faţă, aş rămîne convins că nu pot niciodată şi în nici un fel de circumstanţe să-i pun cît de cît de acord pe toţi cei care s-au aplecat cu seriozitate asupra acestei probleme.

De aceea, în loc să mă întreb ce este religia, prefer din capul locului să pun întrebarea ce anume caracterizează aspiraţiile unui om care-mi lasă impresia de a fi religios? Un om inspirat religios îmi pare a fi acela care s-a eliberat cît mai mult cu putinţă de cătuşele dorinţelor sale egoiste şi este preocupat de gînduri, sentimente şi aspiraţii la care aderă graţie valorii lor suprapersonale. Mi se pare că ceea ce e important este forţa acestui conţinut suprapersonal şi profunzimea convingerii privind semnificaţia lui covîrşitoare, indiferent dacă se face sau nu o încercare de a uni acest conţinut cu o Fiinţă divină, căci altminteri Budha şi Spinoza nu ar putea să fie consideraţi drept personalităţi religioase [6]. Prin urmare, o persoană religioasă este credincioasă în sensul că nu se îndoieşte de semnificaţia şi măreţia acestor obiecte şi scopuri suprapersonale, care nici nu se cer şi nici nu pot fi fundamentate raţional. Ele există la fel de necesar şi de firesc ca el însuşi. În acest sens, reli-

gia este strădania de veacuri a omenirii de a deveni clar și deplin conștientă de aceste valori și scopuri și de a întări și lărgi în mod constant efectele lor. Dacă înțelegem religia și știința conform cu aceste definiții, un conflict între ele ne apare imposibil. Căci știința nu poate decît să stabilească ce *este*, nu și ceea ce *trebuie să fie*, iar dincolo de domeniul ei rămîn necesare judecăți de valoare de tot felul. Religia, pe de altă parte, are de-a face doar cu evaluări ale gîndirii și acțiunii umane: ea nu poate vorbi cu temei despre fapte și relații dintre fapte. Potrivit acestei interpretări, binecunoscutele conflicte dintre religie și știință din trecut trebuie puse toate pe seama unei greșite înțelegeri a situației care a fost descrisă.

De exemplu, un conflict se naște atunci cînd o comunitate religioasă insistă asupra adevărului absolut al tuturor enunțurilor cuprinse în *Biblie*. Aceasta înseamnă o intervenție a religiei în sfera științei; așa se explică lupta Bisericii împotriva doctrinelor lui Galilei și Darwin. Pe de altă parte, reprezentanți ai științei au încercat adesea să se ridice la judecăți fundamentale referitoare la valori și scopuri pe baza metodei științifice, opunîndu-se în acest fel religiei. Aceste conflicte au izvorît toate din erori fatale[7].

Ei bine, deși domeniul religiei și cel al științei sînt prin ele însele net delimitate unul față de celălalt, între ele există totuși două puternice relații și dependențe reciproce. Deși religia poate fi cea care determină scopul, ea a învățat, totuși, de la știință, în sensul cel mai larg al cuvîntului, ce mijloace vor contribui la realizarea scopurilor formulate de ea. Știința însă nu poate fi creată decît de oameni adînc pătrunși de aspirația spre adevăr și înțelegere. Sentimentul acesta își are izvorul în sfera religiei. De aceasta ține și încrederea în posibilitatea ca regularitățile valabile pentru lumea existenței să fie raționale, adică accesibile rațiunii. Eu unul nu pot concepe un om de știință veritabil fără această credință profundă. Situația poate fi exprimată printr-o imagine: știința fără religie este șchioapă, religia fără știință este oarbă.

Deși am afirmat mai înainte că nu poate exista un conflict legitim între religie și știință, trebuie să precizez totuși această aserțiune încă o dată, într-un punct esențial, cu referire la conținutul efectiv al religiilor istorice. Precizarea privește conceptul de Dumnezeu. În perioada de tinerețe a evoluției spirituale a omenirii, fantezia umană a creat

după chipul omului zei despre care se credea că determină sau în orice caz influențează lumea fenomenală. Omul căuta să schimbe atitudinea acestor zei în favoarea sa prin magie și rugăciune. Ideea de Dumnezeu din religiile propovăduite astăzi este o sublimare a acestei concepții vechi despre zei. Caracterul ei antropomorfic se vădește, bunăoară, în faptul că oamenii apelează la ființa divină în rugăciuni și îi cer să le împlinească dorințele.

Firește, nimeni nu va nega că ideea existenței unui Dumnezeu personal atotputernic, drept și bun poate oferi omului consolare, ajutor și călăuză; totodată, grație simplității sale, ea este accesibilă și spiritelor celor mai neevoluate. Dar, pe de altă parte, această idee suferă de carențe decisive, care au fost dureros resimțite chiar de la începutul istoriei. E vorba de faptul că dacă această ființă este atotputernică, atunci tot ce se petrece în lume, inclusiv orice acțiune umană, orice gînd uman, orice sentiment și orice aspirație umană sînt de asemenea opera ei; cum ne-ar putea trece prin cap, în acest caz, să-i facem pe oameni răspunzători pentru faptele și gîndurile lor în fața unei asemenea ființe atotputernice? Dînd pedepse și recompense, ea ar pronunța într-o anumită măsură, verdicte privitor la propriile sale fapte. Cum s-ar împăca aceasta cu bunătatea și dreptatea ce i se atribuie?

Principala sursă a conflictelor actuale dintre sfera religiei și cea a științei rezidă în acest concept al unui Dumnezeu personal. Știința are drept scop stabilirea de reguli generale ce determină conexiunea reciprocă a obiectelor și evenimentelor în spațiu și timp. Pentru aceste reguli sau legi ale naturii se cere — chiar dacă nu este dovedită — o valabilitate absolut generală. Ea este în principal un program, iar credința în posibilitatea realizării lui în principiu se bazează numai pe succese parțiale. Cu greu s-ar putea găsi însă cineva care să nege aceste succese parțiale și să le pună pe seama autoamăgirii omenești. Faptul că pe baza unor asemenea legi sîntem capabili să prevedem cu o mare precizie și certitudine comportamentul temporal al fenomenelor din anumite domenii este adînc impregnat în conștiința omului modern, chiar dacă el pricepe foarte puțin din conținutul acestor legi. E de ajuns să se gîndească, bunăoară, la faptul că mișcările planetare înăuntrul sistemului solar pot fi dinainte calculate cu multă precizie pe baza unui număr limitat de legi simple. Într-un mod similar, deși

nu cu aceeași precizie, este posibil să calculăm dinainte modul de funcționare a unui motor electric, a unui sistem de transmisie sau a unui aparat de radio, chiar și atunci cînd e vorba de un produs nou.

E drept că atunci cînd numărul factorilor ce intră în joc într-un complex de fenomene este prea mare, în cele mai multe cazuri metoda științifică ajunge în impas. E suficient să ne gîndim la fenomenele meteorologice, unde predicția este imposibilă chiar și pentru o perioadă de cîteva zile. Totuși nimeni nu se îndoiește că avem de-a face cu o conexiune cauzală ale cărei componente cauzale ne sînt în linii mari cunoscute. Evenimentele din acest domeniu se situează dincolo de hotarele predicției exacte din pricina varietății factorilor implicați, și nu pentru că n-ar exista ordine în natură.

Mult mai puțin profund am avansat în determinarea regularităților din domeniul ființelor vii și totuși suficient de profund pentru a simți cel puțin domnia necesității rigide. E de-ajuns să ne gîndim la ordinea sistematică din sfera eredității și la efectele substanțelor toxice, bunăoară ale alcoolului, asupra comportării făpturilor organice. Ceea ce lipsește încă aici este sesizarea conexiunilor de profundă generalitate, nu cunoașterea ordinii înseși.

Cu cît omul este mai pătruns de regularitatea ordonată a tuturor evenimentelor, cu atît devine mai fermă convingerea lui că nu rămîne loc, alături de această regularitate ordonată, pentru cauze de o natură diferită. Nici regula voinței umane, nici cea a voinței divine nu există pentru el ca o cauză independentă a unor evenimente naturale. E drept, doctrina unui Dumnezeu personal ce intervine în evenimentele naturale n-ar putea fi niciodată *infirmată*, în sensul propriu al cuvîntului, de către știință, fiindcă această doctrină se poate refugia de fiecare dată în acele domenii în care cunoașterea științifică n-a izbutit încă să cîștige teren.

Sînt convins însă că o asemenea conduită din partea reprezentanților religiei ar fi nu numai nedemnă, ci și fatală. Căci o doctrină care nu e în stare să se mențină la lumina zilei, ci doar în întuneric, își va pierde inevitabil înrîurirea asupra omenirii, cu prejudicii incalculabile pentru progresul uman. În lupta lor pentru binele etic, propovăduitorii religiei trebuie să aibă tăria de a lepăda doctrina Dumnezeului personal, adică de a da la o parte acea sursă de

teamă și speranță care în trecut îi investea pe preoți cu o putere atît de mare. Ei vor trebui să se bazeze în strădaniile lor pe acele forțe care sînt capabile să cultive în umanitatea însăși Binele, Adevărul și Frumosul. Aceasta este, ce-i drept, o sarcină mai dificilă, dar incomparabil mai demnă*. După ce propovăduitorii religiei vor fi înfăptuit procesul de rafinare indicat, ei vor constata în mod sigur cu bucurie că adevărata religie a fost înnobilată și făcută mai profundă de către cunoașterea științifică [8].

Dacă unul din scopurile religiei îl constituie eliberarea omenirii pe cît posibil de servitutea poftelor, dorințelor și temerilor egocentrice, raționamentul științific poate ajuta religia și într-un alt sens. Deși e adevărat că scopul științei este să descopere reguli care să permită corelarea și predicția faptelor, acesta nu este singurul ei scop. Ea mai urmărește să reducă conexiunile descoperite la un număr cît mai mic cu putință de elemente conceptuale independente. În această năzuință a ei spre unificarea rațională a diversului ea dobîndește succesele ei cele mai mari, deși tocmai această încercare o expune cel mai mult riscului de a cădea pradă iluziilor. Oricine a făcut însă experiența intensă a progreselor realizate cu succes în acest domeniu este pătruns de o reverență profundă pentru raționalitatea care se dezvăluie în existență. Pe calea înțelegerii el dobîndește o largă emancipare din cătușele speranțelor și dorințelor personale și ajunge astfel la acea atitudine de spirit umilă față de grandoarea rațiunii incarnate în existență care, în ultimele ei profunzimi, este inaccesibilă omului. Mie însă această atitudine îmi pare a fi religioasă în sensul cel mai înalt al cuvîntului. Și astfel mi se pare că știința nu numai că purifică impulsul religios de aderențele lui antropomorfice, ci contribuie și la o spiritualizare religioasă a modului nostru de a înțelege viața.

Cu cît umanitatea evoluează mai mult din punct de vedere spiritual, cu atît mi se pare mai cert că drumul spre adevărata religiozitate nu trece prin frica de viață și frica de moarte și prin credința oarbă, ci prin năzuința spre cunoaștere rațională. În acest sens cred că preotul trebuie să devină un învățător dacă vrea să corespundă înaltei sale misiuni educaționale.

---

* Această idee este expusă convingător în cartea lui Herbert Samuel, *Belief and Action*.

NOTE

1. Titlul acestui text poate sugera o înţelegere greşită a primelor sale rînduri şi a dezvoltărilor ce urmează. Şi anume, s-ar putea crede că prin credinţă Einstein are în vedere religia în sensul comun al cuvîntului, credinţele religioase propovăduite de bisericile tradiţionale. Se poate crea astfel impresia falsă că Einstein ar exprima aici rezerve şi obiecţii faţă de ideea că există o incompatibilitate între credinţele religioase tradiţionale şi imaginea despre lume a ştiinţei moderne. De fapt, autorul se raportează critic la punctul de vedere raţionalist extremist sau hiperraţionalist potrivit căruia viaţa şi activitatea omenească pot fi întemeiate numai pe datele cunoaşterii obiective. În titlul acestui text, ca şi în alte texte ale lui Einstein cu titluri asemănătoare, termenul *religie* capătă un sens aparte. Este vorba de ceea ce Einstein a numit *religiozitate cosmică*. Pentru explicaţii vezi *Religie şi ştiinţă* şi nota (1) la acest text. Un titlu mai transparent, de natură să prevină confuziile ce rezultă din înţelegerea obişnuită a cuvîntului *religie* ar fi fost *Ştiinţă şi credinţă* sau *Cunoaştere şi credinţă*. Este probabil însă că Einstein nu a ales acest titlu din nebăgare de seamă sau cu totul întîmplător. Se ştie că, deşi nu s-a sfiit să formuleze judecăţi aspre asupra rolului social şi moral pe care l-au avut adesea bisericile tradiţionale în trecut, Einstein credea că cel puţin unii slujitori ai instituţiilor religioase ar putea să aibă un rol pozitiv în educaţia convingerilor şi sentimentelor morale ale oamenilor, în cultivarea ataşamentului lor faţă de valorile spirituale superioare care dau sens vieţii. (Se pare că Einstein a ajuns la această convingere în urma unor contacte cu reprezentanţi ai unor biserici liberale protestante din Statele Unite). În spiritul unei asemenea intenţii, *religia* va trebui înţeleasă însă nu ca un corp de doctrine, de teorii şi explicaţii care intră inevitabil în conflict cu rezultatele cunoaşterii pozitive, ci ca o expresie simbolică a convingerilor morale ce asigură convieţuirea armonioasă a oamenilor, precum şi a convingerilor în raţionalitatea şi armonia universului, care însufleţesc spiritele creatoare. De fapt Einstein sugerează slujitorilor bisericilor o schimbare radicală în înţelegerea naturii şi finalităţii unei situări religioase, care echivalează cu golirea cuvîntului *religie* de conţinutul său tradiţional. Este semnificativ că prima formă a textului reprezintă o cuvîntare ţinută în vara anului 1939 în seminarul teologic al Universităţii din Princeton în faţa unei audienţe de clerici şi studenţi în teologie. Cum era de aşteptat, asemenea sugestii ale „înţeleptului de la Princeton" nu au fost în general bine primite de exponenţii şi adepţii diferitelor tradiţii religioase. Se relatează, bunăoară, că o opinie formulată de Einstein — ideea unui Dumnezeu personal a fost şi rămîne una din cauzele incompatibilităţii între religie şi ştiinţele naturii — a provocat indignarea multor credincioşi şi a stîrnit numeroase proteste. (Pentru amănunte vezi Ph. Frank, *Op. cit.*, p. 463).

2. Argumentarea lui Einstein se sprijină pe ideea dualismului fapte-valori care a fost una din temele fundamentale ale gîndirii sale. În concepţia lui Einstein, relaţia dintre cunoştinţe despre fapte şi valori este pronunţat asimetrică în măsura în care se afirmă că năzuinţa spre cunoaşterea obiectivă îşi găseşte impulsul şi orientarea în asumarea anumitor valori şi se subliniază în acelaşi timp că valorile nu pot fi întemeiate prin cunoaştere obiectivă. Einstein dădea astfel o expresie

personală unui punct de vedere în circulaţie. Într-adevăr, distincţia netă dintre domeniul *raţiunii pure* şi al *raţiunii practice* reprezintă un motiv de bază al gîndirii filozofice moderne.

3. Cuvîntul *revelaţie* nu este de asemenea folosit aici în sensul lui teologic consacrat, ci în înţelesul lui originar, cel sinonim cu *arătare*. Einstein crede că personalităţile creatoare sînt cele prin care capătă viaţă, se *arată*, se exprimă valorile fundamentale ale existenţei umane.

4. Aceasta este, desigur, o interpretare a „adevăratului sens" al tradiţiei iudeo-creştine, care a constituit şi constituie obiect de discuţie şi de controversă. Einstein vede în această tradiţie în primul rînd un „limbaj", care transmite prin imagini şi metafore un anumit mesaj moral.

5. Ceea ce se denunţă aici este naţionalismul, exclusivismul naţional. Privind lucrurile în principiu, Einstein aprecia că exclusivismul naţional este tot atît de puţin îndreptăţit ca şi exclusivismul religios, în sensul pe care îl dădea el termenului *religie*.

6. Acest pasaj, ca şi altele, indică clar că acele convingeri pe care Einstein le desemna prin cuvintele *religie* şi *religiozitate* sînt independente de credinţa în existenţa divinităţii în înţelesul comun al cuvîntului, a ceea ce el numea ideea unui Dumnezeu personal. Einstein crede că mulţi oameni de seamă ce pot fi caracterizaţi ca fiind prin excelenţă *religioşi*, în înţelesul pe care îl dă el cuvîntului, nu au împărtăşit o asemenea credinţă. D. Reichinstein, un vechi prieten al lui Einstein, încă din perioada cînd acesta lucra la Biroul de patente din Berna, nota într-o carte apărută în 1935 (*Albert Einstein, sein Lebensbild und seine Weltanschauung*) că atitudinea acestuia faţă de religie ar fi constituit în alte timpuri o raţiune suficientă pentru ca el să fie exclus din comunitate, aşa cum s-a întîmplat cu Maimonide sau cu Spinoza.

7. Este respinsă astfel atît pretenţia că religia poate reprezenta într-un fel oarecare cunoaştere sau o contribuţie la cunoaşterea obiectivă, pentru a nu spune cunoaşterea prin excelenţă, o pretenţie pe care o ridică în primul rînd teologii, cît şi pretenţia de a întemeia valorile exclusiv pe baza cunoaşterii ştiinţifice, pretenţie caracteristică pentru gînditorii de orientare pozitivistă, scientistă.

8. Ceea ce Einstein propune, aşadar, slujitorilor religiilor este renunţarea la credinţele tradiţionale, părăsirea a ceea ce el numeşte *religia fricii* şi *religia moralităţii* şi adoptarea religiei cosmice. Numai printr-o asemenea reconsiderare radicală a ideii religioase poate fi depăşit conflictul dintre religie şi cunoaşterea ştiinţifică.

LIMBAJUL COMUN AL ŞTIINŢEI

Primul pas în constituirea limbajului a fost legarea unor semne acustice sau de altă natură cu impresiile senzoriale. Foarte probabil că toate animalele sociabile au ajuns la acest gen primitiv de comunicare, cel puţin pînă la un anumit grad. O dezvoltare superioară se atinge atunci cînd se introduc şi sînt înţelese noi semne care stabilesc relaţii între semnele care desemnează impresii senzoriale. Pe această treaptă este deja posibilă relatarea unor serii relativ complexe de impresii; putem spune că a luat fiinţă limbajul. Pentru ca limbajul să poată permite înţelegerea, trebuie să existe reguli privitoare la relaţiile dintre semne, pe de o parte, iar pe de altă parte, trebuie să existe o corespondenţă stabilă între semne şi impresii. În copilărie, indivizii legaţi prin aceeaşi limbă sesizează aceste reguli şi relaţii în principal prin intuiţie. Cînd omul devine conştient de regulile privind relaţiile dintre semne, putem spune că s-a închegat ceea ce se cheamă gramatica limbii.

Într-o fază timpurie cuvintele pot să corespundă direct impresiilor. Într-o fază ulterioară această legătură directă se pierde în măsura în care unele cuvinte au relaţii cu percepţiile numai dacă sînt folosite în combinaţie cu alte cuvinte (de exemplu, cuvinte ca „este“, „sau“, „lucru“). Atunci grupurile de cuvinte şi nu cuvintele izolate se referă la percepţii. Cînd limbajul devine astfel parţial independent de fundalul impresiilor, se obţine o coerenţă internă sporită.

Abia în acest stadiu superior de dezvoltare, cînd se folosesc frecvent așa-numite concepte abstracte, limbajul devine un instrument de raționare în adevăratul sens al cuvîntului. Dar tot în virtutea acestei dezvoltări limbajul se transformă într-o periculoasă sursă de erori și amăgiri. Totul depinde de gradul în care cuvintele și combinațiile de cuvinte corespund lumii impresiilor.

Ce anume asigură o asemenea legătură intimă între limbaj și gîndire? Oare nu există gîndire fără folosirea limbajului, anume în cazul conceptelor și combinațiilor de concepte pentru care nu ne vin în mod necesar în minte cuvinte? Nu ni se întîmplă oare fiecăruia dintre noi să ne chinuim căutînd un cuvînt deși legătura dintre „lucruri" ne este deja clară?

Am putea fi înclinați să atribuim actului de gîndire o completă independență de limbaj dacă individul și-ar forma sau ar fi capabil să-și formeze conceptele fără călăuzirea verbală a celor din jurul său. Foarte probabil totuși că bagajul mental al unui individ, care ar crește în asemenea condiții, ar fi foarte sărac. Putem deci conchide că dezvoltarea mentală a individului și modul său de formare a conceptelor depind într-un înalt grad de limbaj. Aceasta ne face să ne dăm seama în ce măsură aceeași limbă înseamnă aceeași mentalitate. În acest sens gîndirea și limbajul sînt legate între ele.

Prin ce se distinge limbajul științei de ceea ce înțelegem în mod curent prin cuvintele „limbă" sau „limbaj"? Cum se face că limbajul științific este internațional? Știința tinde spre o maximă acuitate și claritate a conceptelor în ceea ce privește relațiile lor reciproce și corespondența lor cu datele senzoriale. Să luăm drept ilustrare limbajul geometriei euclidiene și al algebrei. Ele operează cu un număr mic de concepte, respectiv simboluri, introduse în mod independent, cum sînt cele de număr întreg, linie dreaptă, punct, precum și cu semne ce desemnează operațiile fundamentale, adică conexiunile dintre aceste concepte fundamentale. Aceasta este baza pe care se construiesc, respectiv se definesc toate celelalte enunțuri și concepte. Legătura dintre concepte și enunțuri, pe de o parte, și datele senzoriale pe de alta se stabilește prin acte de numărare și măsurare, a căror efectuare este suficient de bine specificată.

Caracterul supranațional al conceptelor științifice și al limbajului științific se datorează faptului că ele au fost instituite de eminente minți din toate țările și din toate timpurile. În singurătate, și totuși într-un efort unit în ceea ce privește efectul final, ele au creat instrumentele spirituale pentru revoluțiile tehnice care au transformat viața omenirii în secolele din urmă. Sistemul lor de concepte a servit drept călăuză în haosul derutant al percepțiilor, astfel încît am învățat să desprindem adevăruri generale din observații particulare.

Ce speranțe și ce temeri implică metoda științifică pentru omenire? Nu mi se pare că acesta este modul potrivit de a formula întrebarea. Ce anume va produce acest instrument în mîinile oamenilor depinde în întregime de natura scopurilor ce animă omenirea. Odată ce aceste scopuri există, metoda științifică oferă mijloace pentru realizarea lor. Ea însă nu poate oferi scopurile înseși. Metoda științifică n-ar fi dus prin ea însăși nicăieri, și nici măcar nu s-ar fi născut, fără o năzuință pătimașă spre înțelegerea clară.

Epoca noastră se caracterizează, după opinia mea, prin perfecțiunea mijloacelor și prin confuzie în sfera scopurilor. Dacă dorim în mod sincer și cu înflăcărare securitatea, bunăstarea și dezvoltarea liberă a talentelor tuturor oamenilor, nu ne vor lipsi mijloacele pentru a înfăptui o asemenea stare. Chiar dacă numai o mică parte a omenirii năzuiește spre asemenea scopuri, superioritatea lor se va dovedi cu timpul.

DE CE SOCIALISM?

Este bine oare ca cineva care nu e expert în chestiuni economice și sociale să exprime păreri cu privire la socialism? Mai multe considerente mă fac să cred că da.

Să privim mai întîi problema din punctul de vedere al cunoașterii științifice. Ar putea să pară că nu există deosebiri metodologice esențiale între astronomie și economie: oamenii de știință din ambele domenii încearcă să descopere legi general acceptabile pentru un grup bine delimitat de fenomene pentru a face cît mai clară înțelegerea corelațiilor dintre aceste fenomene. În realitate însă, asemenea deosebiri metodologice există. Descoperirea de legi generale în domeniul economiei este îngreunată de împrejurarea că fenomenele economice observate sînt deseori afectate de numeroși factori foarte greu de evaluat fiecare în parte. În plus, experiența acumulată de la începutul așa-numitei perioade civilizate a istoriei umane a fost, după cum se știe, puternic influențată și limitată de cauze ce nu sînt nicidecum exclusiv de natură economică. De exemplu, majoritatea statelor importante care au existat în decursul istoriei și-au datorat existența cuceririlor. Popoarele cuceritoare se instituiau, din punct de vedere juridic și economic, drept clase privilegiate în țara cucerită. Ele acaparau monopolul proprietății funciare și desemnau din propriile lor rînduri o preoțime. Preoții, deținînd controlul educației, făceau din împărțirea în clase a societății o instituție permanentă și

creau un sistem de valori după care oamenii se călăuzeau apoi, în mare parte inconștient, în comportamentul lor social.

Tradiția istorică însă, ca să spunem așa, datează abia de ieri, de alaltăieri; noi nu am depășit încă nicăieri ceea ce Thorstein Veblen numește „faza prădalnică“ a dezvoltării umane. Faptele economice observabile aparțin acestei faze și chiar legile pe care le putem deriva din ele nu sînt aplicabile altor faze. Cum țelul real al socialismului este depășirea fazei prădalnice a dezvoltării umane și înaintarea dincolo de ea, știința economică în stadiul ei actual poate să arunce prea puțină lumină asupra societății socialiste a viitorului.

În al doilea rînd, socialismul vizează un scop social-etic. Știința, însă, nu poate să creeze scopuri și, mai puțin încă, să le insufle ființelor umane; ea poate cel mult să furnizeze mijloacele pentru atingerea anumitor scopuri. Scopurile înseле sînt concepute de personalități cu înalte idealuri morale, iar aceste scopuri, dacă nu sînt născute moarte, ci au viață și vigoare, sînt adoptate și promovate de cei mulți care, pe jumătate inconștient, determină evoluția lentă a societății.

Din aceste motive trebuie să fim atenți și să nu supraestimăm știința și metodele științifice cînd este vorba de problemele umane; și nu trebuie să credem că experții sînt singurii care au dreptul să se pronunțe în chestiuni care privesc organizarea societății.

De la un timp, nenumărate voci susțin că societatea umană trece printr-o criză, că stabilitatea ei a fost grav zdruncinată. O asemenea situație se caracterizează prin indiferența sau chiar ostilitatea indivizilor față de grupul, mic sau mare, căruia îi aparțin. Pentru a ilustra ce am în vedere, îngăduiți-mi să relatez o experiență personală. Discutam nu de mult cu un om inteligent și bine intenționat despre amenințarea unui nou război, care după opinia mea ar periclita grav existența omenirii și i-am spus că numai o organizație supranațională ar oferi protecție împotriva acestui pericol. La care oaspetele meu a replicat, calm și rece: „De ce vă opuneți cu atîta convingere dispariției speciei umane?“.

Sînt sigur că nu mai departe decît acum un secol nimeni nu ar fi făcut cu atîta o ușurință asemenea afirmație. Este afirmația unui om care s-a străduit zadarnic să ajungă la un echilibru lăuntric și a pierdut, mai mult sau mai puțin, speranța că va reuși. Este expresia unei singurătăți și izo-

lări dureroase de care suferă atîția oameni în aceste zile. Care e cauza? Există vreo ieșire?

E ușor să pui astfel de întrebări, dar e greu să răspunzi cît de cît sigur la ele. Trebuie să încerc totuși să răspund, cît voi putea mai bine, deși sînt foarte conștient de faptul că sentimentele și năzuințele noastre sînt adesea contradictorii și obscure și că nu pot fi exprimate în formule ușoare și simple.

Omul este o ființă în același timp solitară și socială. Ca ființă solitară, el încearcă să apere existența sa și a celor apropiați lui, să-și satisfacă dorințele personale și să-și dezvolte aptitudinile sale înnăscute. Ca ființă socială, el caută să-și cîștige recunoașterea și afecțiunea semenilor săi, să împărtășească plăcerile lor, să-i mîngîie la necaz și să le amelioreze condițiile lor de viață. Numai existența acestor năzuințe variate, deseori contradictorii, poate să explice caracterul deosebit al omului, iar combinarea lor specifică determină în ce măsură poate dobîndi individul un echilibru lăuntric și poate contribui la binele societății. E foarte posibil ca forța relativă a acestor două impulsuri să fie în principal fixată ereditar. Însă personalitatea care se încheagă în final este formată în bună parte de mediul în care se întîmplă să se afle un om în cursul dezvoltării sale, de structura societății în care crește, de tradiția acestei societăți și de aprecierea pe care o dă ea diferitelor tipuri de comportament. Conceptul abstract de „societate“ înseamnă pentru individul uman ansamblul relațiilor lui directe și indirecte cu contemporanii săi și cu toți oamenii din generațiile anterioare. Individul este capabil să gîndească, să simtă, să năzuiască și să lucreze singur; dar el depinde atît de mult de societate în existența sa fizică, intelectuală și emoțională, încît este imposibil să-l gîndim sau să-l înțelegem în afara cadrului societății. „Societatea“ este cea care îi oferă hrană, îmbrăcăminte, un cămin, unelte de muncă, limbajul, formele de gîndire și cea mai mare parte a conținutului gîndirii; viața lui este posibilă prin munca și realizările multor milioane de oameni din trecut și din prezent care sînt cuprinși cu toții sub cuvințelul „societate“.

Este deci evident că dependența individului de societate e un fapt natural ce nu poate fi abolit — întocmai ca în cazul furnicilor și al albinelor. Dar, în timp ce întregul proces

de viață al furnicilor și albinelor este fixat pînă în cele mai mici detalii de instincte rigide, ereditare, structura socială și interrelațiile ființelor umane sînt foarte variabile și susceptibile de schimbare. Memoria, capacitatea de a realiza noi combinații, darul comunicării verbale au făcut posibile în lumea ființelor umane o dezvoltare ce nu este dictată de necesități biologice. O asemenea dezvoltare se manifestă în tradiții, instituții și organizații, în literatură; în realizări științifice și tehnice; în opere de artă. Aceasta explică cum se face că într-un anumit sens omul își poate influența viața prin propria sa conduită și că în acest proces gîndirea și voința conștientă pot să joace un rol.

Omul dobîndește la naștere, prin ereditate, o constituție biologică pe care trebuie s-o considerăm fixă și nealterabilă, incluzînd trebuințe naturale, care sînt caracteristice speciei umane. În cursul vieții el mai dobîndește în plus o constituție culturală pe care o preia de la societate prin comunicare și prin multe alte tipuri de influențe. Această constituție culturală este cea care, cu trecerea timpului, suferă schimbări și determină într-o măsură foarte mare raportul dintre individ și societate. Antropologia modernă ne-a învățat, prin cercetarea comparativă a așa-numitelor culturi primitive, că pot exista mari diferențe între comportamentele sociale ale ființelor umane, în funcție de tiparele culturale existente și de tipurile de organizare ce predomină în societate. Tocmai pe faptul acesta își pot întemeia speranțele cei ce năzuiesc să amelioreze destinul omului: ființele umane *nu* sînt osîndite, în virtutea alcătuirii lor biologice, să se distrugă unele pe altele sau să fie la cheremul unei sorți crude create de ei înșiși.

Dacă ne întrebăm cum pot fi schimbate structura societății și atitudinea culturală a omului spre a face viața umană cît mai satisfăcătoare cu putință, trebuie să fim permanent conștienți de faptul că există anumite condiții pe care nu sîntem în măsură să le modificăm. Cum spuneam mai înainte, natura biologică a omului nu este, practic, supusă schimbării. În plus, dezvoltarea tehnologică și cea demografică din ultimele cîteva secole au creat condiții care sînt ireversibile. La o populație relativ dens așezată, cu bunuri care-i sînt indispensabile existenței ei, sînt absolut necesare o diviziune extremă a muncii și un aparat productiv puternic centralizat. S-au dus pentru totdeauna vremurile — care,

retrospectiv, par atît de idilice — cînd indivizi sau grupuri relativ mici puteau duce o viață pe deplin autonomă. Nu exagerăm mult spunînd că omenirea constituie de pe acum o comunitate planetară de producție și consum.

Am ajuns acum la un punct cînd pot să indic pe scurt în ce constă, după mine, esența crizei epocii noastre. Ea privește raportul individului cu societatea. Individul a devenit mai conștient ca oricînd de dependența sa față de societate. El nu simte însă această dependență ca pe un lucru pozitiv, ca o legătură organică, ca o forță ocrotitoare, ci mai degrabă ca pe o amenințare a drepturilor lui naturale sau chiar a existenței sale economice. În plus, poziția lui în societate este de așa natură încît imboldurile sale egoiste se accentuează continuu, în timp ce tendințele lui sociale, care sînt prin firea lucrurilor mai slabe, se deteriorează progresiv. Toate ființele umane, oricare ar fi poziția lor în societate, suferă de pe urma acestui proces de deteriorare. Prizonieri inconștienți ai propriului lor egoism, oamenii se simt nesiguri, însingurați, privați de bucuria naivă, simplă și nesofisticată a vieții. Omul poate găsi un sens vieții sale, așa scurtă și primejduită cum este, numai prin acțiunea sa în folosul societății.

Anarhia economică a societății capitaliste așa cum se prezintă ea astăzi, reprezintă, după opinia mea, adevărata sursă a răului. Vedem în fața noastră o uriașă comunitate de producători ai cărei membri caută întruna să-și răpească unii altora roadele muncii lor colective — nu prin forță. ci, în genere, conformîndu-se fidel regulilor legal instituite. În această privință este important să se înțeleagă că, din punct de vedere juridic, mijloacele de producție — adică întreaga capacitate productivă necesară pentru producerea bunurilor de consum precum și a noilor mijloace de producție — pot să fie, iar în cea mai mare parte și sînt, proprietatea privată a unor indivizi.

Pentru simplificare, voi numi, în discuția ce urmează, „muncitori" pe toți cei ce nu participă la proprietatea asupra mijloacelor de producție — deși mă abat astfel întrucîtva de la folosirea obișnuită a termenului. Proprietarul mijloacelor de producție este în situația de a cumpăra forța de muncă a muncitorului. Folosind mijloacele de producție, muncitorul produce noi bunuri ce devin proprietatea capitalistului. În tot acest proces, esențial este raportul dintre ceea ce

produce muncitorul și ceea ce i se plătește, măsurate ambele în termeni de valoare reală. Cîtă vreme contractul de muncă este „liber“, ceea ce primește muncitorul este determinat nu de valoarea reală a bunurilor pe care le produce, ci de nevoile lui minimale și de raportul dintre cererea de forță de muncă a capitalistului și numărul muncitorilor în căutare de lucru. Este important să se înțeleagă că, nici în teorie, plata pe care o primește muncitorul nu este determinată de valoarea produsului său.

Capitalul privat tinde să se concentreze în mîini puține, în parte din cauza concurenței dintre capitaliști, iar în parte pentru că dezvoltarea tehnologică și diviziunea crescîndă a muncii încurajează formarea de mari unități de producție în dauna celor mici. Rezultatul acestui proces este o oligarhie a capitalului privat a cărui putere enormă nu poate fi ținută în frîu în mod eficace nici chiar de o societate politică organizată democratic. Lucrurile se petrec așa pentru că membrii organelor legislative sînt propuși de către partidele politice, larg finanțate sau altfel influențate de capitaliștii privați care, practic, separă electoratul de puterea legislativă. Consecința este că de fapt reprezentanții poporului nu apără îndeajuns interesele părților dezavantajate ale populației. Mai mult încă, în condițiile existente, capitaliștii privați controlează inevitabil, direct sau indirect, principalele surse de informații (presa, radioul, învățămîntul), Pentru cetățeanul individual este astfel extrem de greu. iar în majoritatea cazurilor de-a dreptul imposibil, să ajungă la concluzii obiective și să-și folosească în mod inteligent drepturile politice.

Situația existentă în economia bazată pe proprietatea privată asupra capitalului se caracterizează, astfel, prin două mari principii: întîi, mijloacele de producție (capitalul) se află în proprietate privată și proprietarii dispun de ele după cum socot ei de cuviință; în al doilea rînd, contractul de muncă este liber. Firește, nu există nicăieri o societate capitalistă *pură* în sensul acesta. În particular, trebuie avut în vedere că muncitorii, prin lungi și aprige lupte politice, au reușit să obțină o formă întrucîtva îmbunătățită a „contractului de muncă liber“ pentru anumite categorii de muncitori. Luată

însă în ansamblu, economia actuală nu diferă mult de capitalismul „pur“ .

Producția se face pentru profit, nu pentru întrebuințare. Nu există nici o garanție că toți cei capabili și dornici să muncească vor fi totdeauna în situația de a găsi un loc de muncă; o „armată de șomeri“ există aproape întotdeauna. Muncitorul se teme mereu să nu-și piardă locul de muncă. Cum șomerii și muncitorii prost plătiți nu asigură o piață profitabilă, producția bunurilor de consum este restrînsă, avînd drept consecință grele privațiuni. Progresul tehnologic duce adesea la creșterea șomajului, în loc să ușureze pentru toți povara muncii. Mobilul profitului, alături de concurența dintre capitaliști, creează instabilitate în acumularea și utilizarea capitalului, ceea ce duce la depresiuni tot mai grave. Concurența neîngrădită duce la o uriașă irosire a muncii și la acea schilodire a conștiinței sociale a indivizilor, la care m-am referit mai înainte.

Această schilodire a indivizilor o consider drept cea mai mare plagă a capitalismului. Întregul nostru sistem educațional suferă de această plagă. Elevului și studentului li se insuflă o atitudine competitivă exagerată, ei sînt crescuți în cultul succesului achizitiv în chip de pregătire pentru viitoarea carieră.

Sînt convins că nu există decît *o singură* cale pentru eliminarea acestor racile grave: constituirea unei economii socialiste, însoțită de un sistem educațional orientat spre țeluri sociale. Într-o asemenea economie mijloacele de producție sînt proprietatea societății înseși și sînt utilizate într-un mod planificat. O economie planificată, care adaptează producția la nevoile comunității, ar împărți munca ce trebuie făcută între toți cei capabili să muncească și ar garanta mijloacele de subzistență pentru orice bărbat, femeie și copil. Educația individului, pe lîngă cultivarea propriilor lui aptitudini, ar urmări să dezvolte în el un sentiment de responsabilitate pentru semenii săi, în locul proslăvirii puterii și a succesului, ca în societatea noastră actuală.

Este însă necesar să reamintim că economia planificată nu înseamnă încă socialism. O economie planificată ca atare poate fi însoțită de o totală înrobire a individului. Înfăptuirea socialismului reclamă soluționarea unor probleme social-politice extrem de dificile: cum se poate preîntîmpina, dată fiind ampla centralizare a puterii politice și economice, ca birocrația să devină atotputernică și peste măsură de arogantă? Cum pot fi ocrotite drepturile individului, asigurînd totodată o contrapondere democratică față de puterea birocrației?

LEGILE ŞTIINŢEI ŞI LEGILE ETICII

tiinţa caută să descopere relaţii considerate a exista independent de individul care le caută. Aceasta include şi cazul cînd obiectul cercetării este omul însuşi. Obiectul enunţurilor ştiinţifice pot fi şi concepte create de noi înşine, cum se întîmplă în matematică. Despre astfel de concepte nu se consideră neapărat că le corespund obiecte în lumea exterioară. Toate enunţurile şi legile ştiinţifice au totuşi o trăsătură comună: ele sînt „adevărate sau false" (adecvate sau neadecvate). Aceasta înseamnă, aproximativ vorbind, că noi reacţionăm la ele prin „da" sau „nu".

Modul de gîndire ştiinţific mai are încă o caracteristică. Conceptele pe care le foloseşte în edificarea sistemelor sale coerente nu exprimă emoţii. Pentru omul de ştiinţă există numai „fiinţă", nu şi dorinţă, evaluare, bine, rău; pentru el nu există scop. Cît timp rămînem pe terenul ştiinţei propriu-zise, nu vom întîlni niciodată o frază de felul: „Nu trebuie să minţi". Omul de ştiinţă care caută adevărul este supus unui soi de restricţie puritană, el se fereşte de tot ce este voluntarist sau emoţional. În treacăt fie spus, această trăsătură este rezultatul unei dezvoltări lente, fiind specifică gîndirii occidentale moderne.

Pornind de aici, ar putea să pară că gîndirea logică este irelevantă pentru etică. Enunţurile ştiinţifice referitoare la fapte şi relaţii nu pot, într-adevăr, să producă directive etice. Totuşi, directivelor etice li se poate conferi raţionalitate şi coerenţă cu ajutorul gîndirii logice şi al cunoaşterii empirice.

Dacă putem să cădem de acord asupra anumitor propoziții etice fundamentale, atunci din ele pot fi derivate alte propoziții etice, cu condiția ca premisele inițiale să fie enunțate cu destulă precizie. Premisele etice de acest fel joacă în etică un rol similar celui pe care-l joacă axiomele în matematică.

Așa se face că nu simțim cîtuși de puțin că ar fi lipsit de sens să punem întrebări de felul: „De ce nu trebuie să mințim?“. Simțim că asemenea întrebări au un sens fiindcă în toate discuțiile de acest fel anumite premise etice sînt considerate ca date. Şi atunci ne simțim satisfăcuți cînd izbutim să derivăm directivele etice în cauză din aceste premise fundamentale. În cazul minciunii, acest demers s-ar putea înfățișa, bunăoară, cam în felul următor: minciuna distruge încrederea în enunțurile altor oameni. Fără o asemenea încredere cooperarea socială devine imposibilă sau cel puțin dificilă. O atare cooperare însă este esențială pentru a face viața umană posibilă și tolerabilă. Aceasta înseamnă că regula „Nu trebuie să minți“ a fost întemeiată cu ajutorul cerințelor etice: „Viața umană trebuie păstrată“ și „Durerea și mîhnirea trebuie diminuate cît mai mult cu putință“.

Care este însă originea unor asemenea axiome etice? Sînt ele arbitrare? Se bazează ele pe simpla autoritate? Izvorăsc ele din experiența oamenilor și sînt ele condiționate indirect de asemenea experiențe?

Pentru logica pură toate axiomele sînt arbitrare, inclusiv axiomele eticii. Ele nu sînt însă nicidecum arbitrare din punct de vedere psihologic și genetic, ci derivă din tendințele noastre înnăscute de a evita durerea și distrugerea și din reacția emoțională acumulată a indivizilor la comportamentul celor cu care conviețuiesc.

Este un privilegiu al geniului moral al omului, personificat de indivizi inspirați, de a avansa axiome etice atît de cuprinzătoare și de bine fundate, încît oamenii le acceptă ca fiind întemeiate în imensa masă a experiențelor lor emoționale individuale. Modul în care se fundează și se testează axiomele etice nu diferă foarte mult de modul de fundare și testare a axiomelor științei. Adevărul este ceea ce rezistă la proba experienței.

IDEALUL CUNOAŞTERII ŞI IDEALUL UMANIST LA ALBERT EINSTEIN

MIRCEA FLONTA

Einstein a fost un cercetător al naturii. De la terminarea studiilor, în anul 1900 și pînă în ultimele zile ale vieții, în primăvara anului 1955, mintea lui s-a concentrat în primul rînd asupra problemelor fizicii teoretice. Nimeni nu poate desigur crede că cercetările fizice ar sta în centrul atenției opiniei publice. Şi totuși, prin Albert Einstein un cercetător al naturii apare pentru prima dată și în mod cu totul neașteptat în primul plan al vieții politice și culturale. Numele său ajunge să fie universal cunoscut, ca și cel al primelor personalități ale vieții publice, ale teatrului sau filmului. Oameni de stat înzestrați cu cele mai înalte răspunderi îl ascultă cu atenție. Ziariștii folosesc orice prilej pentru a-i smulge o părere despre marile probleme ale zilei și le răspîndesc apoi în întreaga lume, conferindu-le în ochii omului de rînd autoritatea pronunțărilor unui oracol. Publicul cult de pretutindeni este în cel mai înalt grad interesat să afle ce crede Einstein despre morală sau religie, cu sentimentul că ascultă verdictul unei înalte autorități. De cîte ori se ivește ocazia, filozofii încearcă să-i afle opiniile despre marile personalități creatoare ce ilustrează tradiția domeniului pe care îl cultivă. („Ce credeți despre Kant?") Nenumărate noi organizații și inițiative politice sau culturale se străduiesc să cîștige adeziunea și sprijinul său, firește cu convingerea că aceasta le poate oferi un plus însemnat de prestigiu și credibilitate în ochii opiniei publice. Cu deosebire după stabilirea lui în Statele Unite (1933), Einstein primește zilnic scrisori de la persoane care nu îi sînt cunoscute. Oameni nefericiți, tineri dezorientați, unii în pragul sinuciderii, privesc spre el ca spre ultimul

lor sprijin, căci prin cuvîntul său nădăjduiesc să primească îndrumare și orientare într-o lume în care nu mai pot desluși un sens. Și toți aceștia știu că cel ce le vorbește este un om de știință.

Prin prezența lui în viața publică, Einstein inaugurează și exprimă totodată cu o forță exemplară schimbarea pe care o aduce secolul nostru în statutul social al omului de știință creator. Este adevărat că noua poziție a științei teoretice în viața practică și în viața spiritului reprezintă rezultatul unui proces evolutiv îndelungat. Avem în vedere în primul rînd conștiința crescîndă a însemnătății sociale a științei. Această conștiință cîștigă în acuitate pe măsură ce se înmulțesc aplicațiile practice ale rezultatelor cercetării care schimbă viața de fiecare zi a oamenilor. Eficacitatea practică vădită a științei este percepută drept o dovadă peremptorie că ea reprezintă cunoașterea obiectivă prin excelență. Este terenul pe care se dezvoltă o nouă viziune asupra semnificației culturale a cunoașterii științifice. Pe de altă parte, nivelul de generalitate tot mai înalt al teoriilor științifice, creșterea puterii lor de cuprindere, a anvergurii lor explicative, le conferă o vocație filozofică tot mai pronunțată. Știința devine astfel, aproape pe nesimțite, o mare putere și în cîmpul culturii. Se poate spune că viața și opera lui Einstein exprimă pentru prima dată și impun această nouă poziție a omului de știință în viața socială și în viața spiritului. A fost nevoie de un cercetător cu personalitatea și independența de spirit neobișnuite ale lui Einstein pentru a pune în valoare cu strălucire și autoritate tendințe încă latente, virtuale. O mai bună fixare a contururilor acestei schimbări poate fi favorizată prin raportare la un fundal istoric contrastant. O constatare de ordin general poate să capete astfel forța de sugestie a imaginii, poate fi trăită, resimțită ca experiență de viață. Într-adevăr, rememorarea unor crîmpeie din viața cîtorva mari creatori ce au ilustrat istoria științei exacte în ultimele secole poate spune multe despre ceea ce a fost cercetătorul naturii în ochii mulțimii, audienței culte sau autorității. Alegerea noastră s-a oprit asupra a trei oameni de știință de limbă germană, reprezentativi pentru secolele XVII, XVIII și XIX: Kepler, Euler și Helmholtz. Vom invoca ceva din viața acestor spirite creatoare în măsură, poate, să arunce o lumină mai vie asupra schimbării în timp a condiției sociale a cercetătorului.

Astronom al împăratului Rudolf al II-lea, Johannes Kepler avea drept însărcinare oficială alcătuirea *tabelelor rudolfiene*, un nou catalog al stelelor menit să confere mai multă strălucire domniei celui ce le dădea numele. Marea problemă de viață a astronomului împăratului nu era, totuși, recunoașterea nobleții îndeletnicirii sale sau a însemnătății contribuțiilor sale personale, ci obținerea plății salariului ce i se cuvenea. Într-o scrisoare adresată unui prieten și scrisă, fără îndoială, într-o zi mai senină, Kepler își înfățișează astfel viața și situația: „Dacă pot să obțin de la curte o parte din salariul meu, sînt bucuros că nu trebuie să trăiesc numai din ceea ce îmi aparține. Altfel îmi închipui că nu l-aș sluji pe împărat, ci întreaga specie omenească și posteritatea. Cu această încredere disprețuiesc cu mîndrie ascunsă toate onorurile și rangurile. . ." Îi face cinste învățatului recunoașterea că o asemenea mîndrie va trebui să rămînă una „ascunsă". Tonul se va schimba desigur atunci cînd marele astronom se adresează stăpînitorilor lumii în care trăiește. În dedicația avîntată, poetic inspirată a cărții sale *Astronomia nova*, pe care o închină împăratului, lupta pentru cunoașterea lumii astrelor este asemuită cu o campanie militară. Sublimul se amestecă pînă la urmă cu prozaicul. Kepler nu-și poate îngădui să nu facă și cu acest prilej o încercare de a-și alina suferința de fiecare zi: „Cer doar maiestății voastre și o conjur să ordone trezorierilor ei să se gîndească la ceea ce este esențial și să-mi furnizeze o nouă sumă de bani pentru a-mi înrola trupele". Purtătorul unuia din numele nepieritoare ale istoriei științei va muri în 1630 la Augsburg, epuizat de nesfîrșite călătorii întreprinse în nădejdea de a primi banii ce i se cuveneau ca astronom imperial. Să mai spunem oare că el a trudit decenii de-a rîndul la probleme a căror însemnătate nu era înțeleasă de nimeni, fără a se bucura cel puțin de sprijinul și încurajarea altor oameni cu preocupări științifice?

Leonard Euler, a cărui carieră științifică începe la un secol după moartea lui Kepler, este elvețian prin naștere, dar își petrece viața la curțile din Petersburg și Berlin. Academiile regale erau pe atunci singurele instituții ce puteau oferi unui om cu aptitudini creatoare deosebite, dar lipsit de mijloace, posibilitatea de a se consacra activității de cercetare. Atît la Petersburg, cît și la Berlin, Euler a consacrat, cu plăcere

sau nu, o parte nu neînsemnată a timpului și energiei sale unor activități cu caracter practic sau de administrație a academiilor. Salariul pe care l-a primit i-a permis în schimb să întrețină în mod decent o familie numeroasă, scutit de grija vieții de mîine, și să consacre o parte a timpului său cercetării științifice propriu-zise. Înzestrat cu o energie extraordinară și favorizat de o ușurință neobișnuită în formularea și rezolvarea problemelor, Euler a putut deveni, în aceste condiții, cel mai productiv matematician din istorie. El aprecia avantajele poziției sale într-un fel care nu poate să nu surprindă pe cititorul de astăzi. În 1750, la zece ani după stabilirea la Berlin, ca membru al unei academii căreia Frederic cel Mare dorea să-i dea o strălucire fără seamăn, Euler își înfățișa astfel viața unui corespondent din Anglia: „După ce am părăsit Academia din St. Petersburg am toate motivele pentru a fi mulțumit de soarta mea. Regele îmi dă aceeași pensie pe care am avut-o la St. Petersburg ... și sînt răspunzător direct față de maiestatea sa. Pot să fac ce doresc și nimeni nu cere nimic de la mine. Regele mă numește profesorul său și cred că sînt cel mai fericit om din lume." Euler nu ar mai fi putut scrie aceleași cuvinte paisprezece ani mai tîrziu, cînd, copleșit de dizgrația monarhului, obține permisiunea de a se reîntoarce la Academia din Petersburg, unde își începuse activitatea în tinerețe. Aflăm că această dizgrație se datorește în primul rînd incapacității vădite a matematicianului de a ține pasul în discuții filozofice subtile, atît de gustate de rege, cu asemenea virtuozi ca Voltaire sau d'Alembert. În mod surprinzător, lipsa unor asemenea aptitudini a putut să arunce o umbră asupra meritelor sale științifice, dacă ținem seama că Frederic al II-lea nu l-a menținut la conducerea secției de matematică a Academiei sale decît la insistența lui d'Alembert. A fost o adevărată fericire pentru Euler că acesta din urmă era respectat și ascultat de „despoți luminați" ca Frederic al II-lea și Ecaterina cea Mare a Rusiei, dacă ținem seama de împrejurarea că el era unul din puținii oameni capabili să aprecieze pe atunci valoarea creației matematice a lui Euler. Un cunoscut cercetător cu interese istorice din zilele noastre, mare admirator al lui Euler, surprinde bine condiția de viață a eroului său în aceste puține cuvinte: „Euler născut liber și-a petrecut întreaga lui viață de adult în țări guvernate de

despoți, despoți binevoitori sau nu, după împrejurări sau toane, dar despoți ce plăteau salarii."[1]

Hermann von Helmholtz, socotit de mulți cel mai de seamă om de știință german al secolului al XIX-lea, nu era un curtean nefericit precum Johannes Kepler, și nici unul relativ mai bine tratat, ca Leonard Euler. Era un om independent ce slujea instituții universitare relativ autonome, străduindu-se să împace cît mai bine preocupările de cercetare cu îndatoririle de profesor. Născut dintr-o familie cu mijloace puține, a parcurs pas cu pas, prin meritele sale personale, treptele ierarhiei academice pînă la cea de profesor de fizică teoretică la Universitatea din Berlin. Sfera de cuprindere a activităților sale era uimitoare pentru o epocă de crescîndă specializare. Este, probabil, ultimul cercetător cu preocupări universale în științele naturii, de la fizică la fiziologie, inventator de aparate, ascultat purtător de cuvînt al opiniei științifice și apreciat popularizator al științei. Compasul neobișnuit de mare al activităților sale intelectuale și practice contrastează, cel puțin pentru așteptările noastre, cu reținerea lui de a se pronunța în probleme de interes general. Cel care a fost numit „Reichskanzler der Wissenschaften" (cancelarul științelor) nu a trecut în sfera manifestărilor sale publice dincolo de orizontul unor considerații oarecum fragmentare în chestiuni de teoria cunoașterii sau de estetică, subiecte ce nu aveau o legătură directă cu viața curentă și cu politica. Autoritățile l-au apreciat și i-au acordat onorurile cuvenite unui om cu meritele sale tocmai fiindcă Helmholtz a observat cu strictețe regulile nescrise ce fixau în acea vreme limitele cîmpului de acțiune al omului de știință. Fapt remarcabil, deși frecventa păturile înalte ale societății și era la curent cu înfruntările sociale și politice ale vremii despre care avea desigur păreri proprii, Helmholtz nu s-a exprimat public decît în probleme care aveau o legătură strînsă cu cercetarea științifică și a vorbit unei audiențe mai largi numai ca cercetător al naturii.

Îndeosebi după 1920, așadar abia la cîteva decenii după moartea lui Helmholtz, Einstein va inaugura o eră cu totul nouă în ceea ce privește prezența omului de știință exactă

---

1 C. Truesdell, *Genius turns Establishment to Profit*; *Euler*, în C. Truesdell *An Idiot's Fugitive Essays on Science*, Springer Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokio, 1984, p. 303.

în viața socială și spirituală. Ca cercetător, el este dezlegat de orice obligații didactice și administrative [2]. Pe temeiul reputației sale unice ca om de știință, Einstein ajunge să fie considerat de publicul larg și de mediile de informare drept o autoritate în probleme social-politice, filozofice și etice. Cuvîntul său în asemenea probleme are deseori o mai mare greutate decît cel al politicienilor sau filozofilor de profesie. Ca persoană ce încorpora în ochii tuturor știința, puterea și prestigiul ei intelectual, fostul angajat al Biroului de brevete de la Berna se bucura atît de o deplină independență materială, cît și de libertate neîngrădită în fixarea obiectivelor cercetărilor sale. În problemele de interes general el cîștigase o autoritate la care nu putea visa nici unul din contemporanii săi de îndată ce ieșea în afara sferei sale de activitate, mai mult sau mai puțin specializate. De unde această poziție privilegiată a unui om ce reprezenta fizica teoretică, adică cercetarea naturii prin excelență? De unde fascinația pe care a exercitat-o Albert Einstein asupra multor oameni care nu aveau pregătirea și adesea nici interesul pentru a citi măcar o expunere populară a teoriilor sale fizice? Ce a cîntărit mai greu: personalitatea sa cu totul ieșită din comun, teoriile sale neobișnuite sau felul său de a privi viața omenească și modul cum a înțeles să trăiască, să reacționeze la solicitările vieții exterioare, să participe ca spectator și, totodată, ca actor la istoria vremii sale? Răspunsul ar putea fi: fiecare dintre acestea în parte și toate împreună. Personalitatea lui Einstein era o configurație originală (H. G. Wells a crezut că una din trăsăturile ei dominante ar putea fi redată prin expresia intenționat contradictorie *simplitate subtilă*), teoriile lui fizice erau stilistic vorbind unice, perspectiva lui asupra vieții omenești era simplă, dar pregnant personală și, prin aceasta, impresionantă. Mai mult decît la orice cercetător al naturii dinaintea lui și de după el la Einstein imaginea asupra semnificației și țelului cunoașterii științifice se integrează într-o imagine generală asupra sensului existenței umane, asupra valorilor ce dau sens și conținut

[2] Adus de la Zürich la Berlin în 1914, prin eforturile unor personalități de talia lui Planck și Nernst, lui Einstein i se creează o poziție excepțională la Academia prusacă de științe din Berlin. Ca profesor el are dreptul, dar nu și obligația de a preda. Un statut asemănător va avea Einstein în Statele Unite, la Princeton, unde trăiește din 1933 pînă la sfîrșitul vieții.

acestei existențe. În tot ce a gîndit dincolo de sfera mai restrînsă de preocupări științifice speciale ce interesează doar pe cunoscători, Einstein s-a exprimat în același timp ca fizician teoretician, ca filozof și ca om ce reflectează asupra realităților și experiențelor nemijlocite ale vieții [3].

Există desigur multe căi pe care poate fi aruncată o lumină asupra a ceea ce conferă unitate gîndirii și acțiunii unui spirit creator, dincolo de contradicții și inconsecvențe mai mult sau mai puțin inevitabile, mai multe perspective din care se pot discerne firele ce leagă între ele părțile unei opere de o mare întindere și varietate. Fără îndoială, că orice asemenea încercare va fi marcată de un anumit schematism în măsura în care pune în lumină cu deosebire o anumită corelație și împinge în umbră altele. În cele ce urmează se încearcă schițarea unei imagini integratoare asupra gîndirii și acțiunii lui Albert Einstein în primul rînd prin raportare la idealul său de cunoaștere, așa cum se exprimă acesta în orientarea străduințelor fizicianului teoretician și în reflecțiile mai generale ale gînditorului asupra experiențelor vii ale cercetătorului.

În 1932, la capătul a trei decenii de activitate științifică independentă, într-un moment cînd cîștigase deja o perspectivă de ansamblu asupra sensului activității sale ca cercetător și asupra resorturilor ei ultime, Einstein scrie într-un formular pe care l-a completat la cererea Academiei Leopoldina: „Singurul scop pe care l-am urmărit întotdeauna în cercetările mele a fost simplificarea și unificarea sistemului fizicii teoretice. Am atins acest scop în mod satisfăcător pentru fenomenele macroscopice, nu însă pentru fenomenele cuantice și structura atomică. Cred că și teoria cuantică modernă, în ciuda succesului ei considerabil, este încă departe de a aduce o soluție mulțumitoare în ceea ce privește aceste probleme“[4]. O asemenea exprimare nu poate să nu atragă atenția îndeosebi celor mai apropiați de lumea științei exacte. Mulți cercetători ai naturii de cel mai înalt rang ar putea cu greu să afirme că întreaga lor activitate științifică

---

[3] Unul din biografi observă că publicul larg nu știa dacă Einstein este fizician, matematician sau filozof, ci doar că el a afirmat despre univers lucruri cu totul noi și neobișnuite. Vezi Ph. Frank *Einstein. Sein Leben und seine Zeit*, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, 1979, p. 332.

[4] Apud A. Einstein, *Correspondance*, Inter Editions, Paris, 1980, p. 21—22.

a fost consacrată atingerii unuia și aceluiași țel. Și chiar atunci cînd ei sînt în măsură să desprindă una sau mai multe dominante ale activității lor, se va putea ușor observa că acestea sînt obiective bine precizate, probleme științifice determinate, recunoscute ca importante și urgente de către o comunitate de cercetători specializați. Ceea ce Einstein găsește că poate conferi unitate interogațiilor ce l-au condus de la un proiect la altul, de la o cercetare la alta, este însă o năzuință în esență filozofică: integrarea marilor domenii și teorii ale fizicii, înțelegerea mai profundă a conexiunilor sau, cum obișnuia să spună oarecum tautologic, „pătrunderea conexiunilor de o generalitate mai adîncă". Este străvechea aspirație a filozofilor de a reduce varietatea copleșitoare a cunoștințelor noastre despre natură la un număr cît mai mic de principii. Cu o singură, dar fundamentală deosebire: această unificare a cunoașterii, pe care filozofii au crezut multă vreme că ar putea-o atinge numai prin forțele rațiunii pure, fizicianul teoretician o caută prin teorii ale căror principii vor trebui supuse controlului strict al experienței [5].

Ceea ce conferă vieții lui Einstein, ca cercetător al naturii, o coerență, consecvență și armonie ce rămîn unice și exemplare, ceea ce el identifică în anii mai tîrzii drept unic țel al străduințelor sale în cîmpul fizicii teoretice, este, totodată, imboldul încă inconștient sau semiconștient care îi va trezi interesul pentru știință și va determina orientarea primelor sale cercetări. Einstein îi mărturisea lui L. Infeld că încă de la vîrsta de 16 ani a fost preocupat continuu de două întrebări: „Ce s-ar întîmpla dacă am ajunge din urmă o rază de lumină?" „Ce se întîmplă cu legile naturii într-un ascensor ce cade liber?" Căutînd răspunsul la prima întrebare, Einstein a ajuns la relativitatea restrînsă, în timp ce urmărirea celei de-a doua l-a condus în cele din urmă la relativitatea generalizată. Fără îndoială că el nu a fost singurul om și singurul cercetător al naturii căruia i-au trecut prin minte asemenea

[5] M. Solovine, prieten apropiat al lui Einstein din perioada șederii sale la Berna, amintește observația acestuia în discuția pe care au avut-o cu ocazia primei lor întîlniri în 1902. Atunci cînd Solovine i-a comunicat că studiază filozofia și se interesează din această perspectivă de ideile fizicii moderne, Einstein i-a spus că el însuși, cînd a fost mai tînăr, a fost atras de filozofie, dar vagul și arbitrarul ei l-au îndepărtat și l-au determinat să se consacre fizicii teoretice. (Vezi M. Solovine, *Excerpts from a Memoire*, în (ed.) P. A. French, *Einstein. A Centenary Volume*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1979, p. 9.)

întrebări. Ceea ce l-a ridicat deasupra celorlalți a fost în cele din urmă o curiozitate neobișnuită care i-a păstrat interesul pentru ele de-a lungul anilor, precum și forța ieșită din comun a imaginației creatoare care i-a îngăduit să le considere din cele mai diferite perspective și să le dea noi și noi formulări ce au ușurat pînă la urmă accesul spre o soluție satisfăcătoare din punct de vedere științific. Einstein a spus aceste lucruri foarte simplu și sugestiv: „Talentul este o chestiune de caracter. Dumnezeu mi-a dăruit răbdarea unui catîr și un miros destul de bun“ .[6]

Deja primele lucrări ale lui Einstein indică deosebit de clar că ceea ce se urmărește cu deosebire este descoperirea unor conexiuni mai profunde, situate cît mai departe de nivelul faptelor accesibile observației. Prima dintre numeroasele scrisori adresate de Einstein de-a lungul întregii sale vieți celui mai apropiat prieten al său, M. Besso, în ianuarie 1903, spune mult în această privință. Einstein îl informa pe Besso despre conținutul uneia din primele sale lucrări, *O teorie a fundamentelor termodinamicii*, care va fi publicată în același an. Rezultatul important obținut în această lucrare este, după părerea lui Einstein, că noțiunile de temperatură și entropie au putut fi derivate din principiul conservării energiei și din teoria atomică, iar principiul al doilea al termodinamicii în formularea lui cea mai generală a putut fi dedus din ipoteza că repartițiile sistemelor izolate nu se transformă niciodată în repartiții mai puțin probabile. Tînărul autor aprecia forma ultimă la care a ajuns în elaborarea articolului său în următoarele cuvinte: „Acum el este cu totul clar și simplu, astfel încît sînt pe deplin satisfăcut“.[7] Mai tîrziu, cînd se afla deja la apogeul carierii sale, criteriile după care apreciază Einstein realizările științifice rămîn neschimbate. Ultima formă, cea finală, a teoriei generalizate a relativității,

---

[6] M. Born, L. Infeld, *Erinnerungen an Einstein*, Union Verlag, Berlin 1967, p. 40. Aceeași impresie i-a comunicat-o Einstein cu mult umor și ironie colegului său, fizicianul James Frank: „Dacă mă întreb cum se face că tocmai eu am stabilit teoria relativității, mi se pare că acest fapt este legat de următoarea împrejurare: omul normal nu mai gîndește asupra problemei spațiului și timpului. Aceasta a făcut-o, după părerea sa, deja cînd era copil. Eu, dimpotrivă, m-am dezvoltat din punct de vedere intelectual atît de încet, încît abia ca om matur am început să mă întreb despre spațiu și timp. În mod firesc am pătruns mai adînc în problemă decît copiii normal înzestrați.“

[7] A. Einstein, *Correspondance avec Michele Besso 1903—1955*, Hermann, Paris, 1979, p. 3.

îi produce o imensă satisfacție, fiindcă vede în ea un pas înainte spre ceea ce i-a apărut de la primele începuturi ale activității sale ca fiind țelul suprem al fizicianului teoretician. Entuziasmul său nereținut, pe care ni-l dezvăluie o scrisoare către același Besso [8], nu este totuși euforia succesului personal. Creatorul teoriei trăiește un sentiment mai aparte, bucuria celui care a avut norocul să întrevadă ceva din simplitatea și frumusețea legilor naturii, o bucurie pură în lumina căreia satisfacțiile prea personale pălesc și apar meschine. Nici chiar preocuparea vădită a lui Einstein pentru audiența noii teorii în cercurile cunoscătorilor nu exprimă atît dorința lesne de înțeles de a obține prestigiu și recompensă, cît conștiința faptului că, în lipsa unor probe empirice constrîngătoare, teoria va fi cu greu acceptată de către acei fizicieni teoreticieni, nu puțini la număr, care nu simt în mod spontan că unificarea cunoașterii, descoperirea unor legi cît mai simple și mai generale, constituie țelul suprem al cercetătorului naturii. Recunoașterea teoriei relativității nu o vede drept o cauză personală, drept izbînda unui individ. În joc i se pare a fi ceva mult mai important, confirmarea unui mod de a gîndi pe care îl considera esențial pentru progresul cunoașterii fizice, a unui anumit fel de a concepe condițiile și cerințele generale ale excelenței unei teorii fizice. Pe măsura trecerii anilor, Einstein și-a dat tot mai bine seama că acordul între fizicienii teoreticieni depinde de un consens tacit în această privință, un consens ce nu poate fi impus prin argumente constrîngătoare [9]. Fizicianul își va putea desigur susține punctul de vedere cu privire la însușirile ce fac valoarea unei teorii prin invocarea unor antecedente istorice. Asemenea argumente sînt însă slabe deoarece aceleași experiențe ale trecutului sînt susceptibile de interpretări diferite și pot fi invocate în sprijinul unor poziții diferite, în esență incompatibile. Problema lui Einstein a fost de a proba fertilitatea punctului de vedere care vede în unificarea cunoștințelor existente pe o bază logică cît mai simplă,

---

[8] „Visele cele mai îndrăznețe au devenit acum realitate. Covarianță *generală*. Mișcarea periheliului lui Mercur, o preciziune splendidă." (*Ibidem*, p. 36).

[9] În decembrie 1916, Einstein explică într-o scrisoare către Besso motivele pentru care aștepta cu încordare reacțiile fizicienilor teoreticieni față de teoria generală a relativității: „Argumentele avansate de mine nu sînt, de fapt, constrîngătoare, cum este cazul, în general, pentru tot ce privește realitatea". (*Ibidem*, p. 58).

prin construcția unor teorii cu un nivel tot mai înalt de generalitate și o putere de cuprindere tot mai mare, țelul suprem al cunoașterii fizice. Numai dobîndirea unor succese importante în această direcție era în măsură să zdruncine convingerile celor ce gîndesc altfel. Einstein a apreciat teoria restrînsă și îndeosebi teoria generală a relativității drept realizări științifice însemnate în primul rînd din această perspectivă. În cea de-a doua epocă a vieții sale de cercetător, îndeosebi după 1920, el și-a pus cele mai mari speranțe în proiectul elaborării unei teorii unitare a cîmpului, a unei teorii a cîmpului total, menită să unifice electromagnetismul și gravitația și să permită derivarea efectelor cuantice. Creatorul teoriei relativității credea că abia ducerea la bun sfîrșit a acestui proiect, adică elaborarea unei teorii ce poate fi supusă controlului experienței, va însemna triumful deplin al idealului său științific. Teoria generală a relativității i se părea importantă în primul rînd fiindcă a deschis drumul spre atingerea acestui obiectiv mai înalt.[10] După o scurtă perioadă de acalmie ce a urmat eforturilor susținute cerute de elaborarea acestei teorii, Einstein și-a concentrat forțele tot restul vieții, aproape patru decenii, asupra realizării acestui proiect. Insuccesele repetate și izolarea crescîndă nu l-au putut convinge să înceteze o muncă al cărei țel apărea celor mai mulți teoreticieni din generația mai tînără drept utopic. Nu a făcut aceasta pînă în ultima zi a vieții sale [11].

---

[10] În ultima sa expunere publică, ținută la 14 aprilie 1954 în seminarul de teoria relativității al lui J. A. Wheeler de la Universitatea Princeton, Einstein a spus: „Un eveniment din viața mea m-a convins de utilitatea simplității logice: a fost teoria generală a relativității." (Vezi J. A. Wheeler, *Mercer Street und andere Erinnerungen*, în (eds.) P. C. Eichelberg, R. U. Sexl, *Albert Einstein. Sein Enfluss auf Physik, Philosophie und Politik*, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, 1979, p. 218.) În autobiografia sa intelectuală Einstein afirma despre teoria generală a relativității că „nu era în esență mai mult decît o teorie a cîmpului gravitațional, care a fost izolat oarecum artificial de un cîmp total de o structură încă necunoscută".

[11] Spre deosebire de alți mari cercetători ai naturii, care au avut motive să creadă că au atins ținta străduințelor lor, Einstein nu a avut o bătrînețe tihnită. „La căpătîiul său zăceau, într-o duminică seara, cîteva pagini de manuscris. Ele cuprindeau mai multe ecuații conducînd la teoria unificată a cîmpului decît a găsit vreodată. El nădăjduia să fie destul de scutit de dureri a doua zi pentru a lucra la ele. Dimineața devreme postula aortei s-a spart și el a murit." (C. P. Snow, *Einstein*, în *Einstein: The First Hundred Years*, Pergamon Press, Oxford, New York, Paris, Frankfurt, 1980, p. 17)

Nu este totuși prea greu să înțelegem logica acțiunii sale. Proiectul teoriei unificate a cîmpului era susținut de aceleași convingeri spontane și profunde cu privire la inteligibilitatea, simplitatea și armonia naturii care l-au condus pe calea marilor sale înfăptuiri științifice din tinerețe. Eșecurile sistematice ale încercărilor de a duce pînă la capăt numeroasele variante ale proiectului nu puteau avea pentru Einstein semnificația pe care le-o dădeau alți fizicieni de cea mai înaltă reputație ca Bohr, Pauli sau Heisenberg. Căci creatorul teoriei relativității considera firesc ca un asemenea pas înainte, care ar fi însemnat unificarea întregii cunoașteri științifice, să fie mult mai greu decît cei pe care i-a făcut mai înainte, să ceară sforțări mai intense și mai îndelungate decît elaborarea teoriei generale a relativității. Convingerea că este pe drumul cel bun, acea convingere pe care i-o inspira fidelitatea neclintită față de idealul său științific, nu putea fi zdruncinată de eșecuri cît de îndelungate de vreme ce putea crede că rațiunea eșecurilor nu stă în caracterul nerealist al țelului urmărit, ci doar în limitele puterilor sale.[12] Istoria științei nu cunoaște, fără îndoială, un episod mai dramatic.

Einstein a recunoscut pe deplin dramatismul situației, subliniind nu o dată că în probleme de principiu nu poate cădea de acord decît cu acei cercetători ce împărtășesc idealul său de cunoaștere. El a explicat în acest fel dezacordul său de nedepășit cu bunul său prieten M. Born și cu alți fizicieni de cel mai înalt rang a căror competență și bună credință nu le-a pus nici un moment la îndoială. „Speranțele noastre științifice — îi scria Einstein lui Born — ne-au condus la antipozi. Tu crezi în Dumnezeul ce joacă zaruri, iar eu doar în valoarea legilor într-un univers în care există ceva în mod obiectiv, pe care încerc să-l pătrund într-un mod pur speculativ ... Vom descoperi într-o zi care dintre aceste două

[12] Încă în anul 1924, Einstein îi scrie lui M. Born: „Ideea că un electron supus unei radiații alege cu *totul liber* momentul și direcția în care vrea să salte îmi este insuportabilă. Dacă ar fi așa, aș prefera să fiu pantofar sau funcționar într-un tripou, și nu fizician. Încercările mele pentru a da cuantelor o formă inteligibilă au eșuat întotdeauna, pentru a spune adevărul, dar nu voi renunța la orice speranță mult timp. Și dacă nu va merge, voi putea să-mi spun întotdeauna, pentru a mă consola, că eșecul nu ține decît de mine." (A. Einstein, M. Born, H. Born. *Correspondance, 1916—1955*, Editions de Seuil, Paris, 1972, p. 98.) La fel a gîndit Einstein și 30 de ani mai tîrziu.

atitudini instinctive este mai bună."[13] Pe măsură ce înainta în vîrstă, în mintea lui Einstein conștiința prăpastiei ce-l desparte de ceilalți teoreticieni ai cuantelor căpăta contururi tot mai nete. El nu putea accepta că descrierea statistică, pe care o dă teoria experiențelor fizice atomice este ireductibilă, altfel spus că o teorie ale cărei legi de bază sînt statistice este o teorie fizică completă, și în acest sens pe deplin satisfăcătoare. Pentru Einstein asemenea legi nu reprezentau mai mult decît instrumente utile de coordonare și predicție a datelor experimentale.[14] El era înclinat să creadă că dacă mulți fizicieni se declară pe deplin mulțumiți cu o teorie ireductibil statistică este fiindcă ei cer teoriei doar să coordoneze experiențele cunoscute și să prevadă experiențe noi. Einstein nu putea accepta acest punct de vedere. Pentru el obiectivul unei teorii fizice fundamentale era derivarea caracteristicilor de stare ale sistemelor individuale ce există în spațiu și timp din principii ce exprimă caracteristici structurale ale lumii, inaccesibile în mod direct observației. Și dacă faptele de observație nu pot fi descrise decît statistic, aceasta nu înseamnă că nu vor putea fi găsite legi stricte pentru realitatea ce constituie obiectul descrierii teoretice. Marele fizician s-a exprimat deosebit de clar în această privință într-o scrisoare către M. Solovine (12 iunie 1950): „Din punctul de vedere al experienței imediate nu există un determinism strict. În această privință există un acord deplin. Problema este dacă descrierea teoretică a naturii trebuie să fie deterministă sau nu. Dincolo de aceasta, problema este în special dacă există în genere o imagine conceptuală a realității pentru cazul izolat, care este în principiu completă și liberă de statistică. Numai în această privință există deosebiri de păreri." [15] Preocupat o viață întreagă

[13] *Einstein către Born, la 7 septembrie 1944*, în *Op. cit.*, p. 167.

[14] „Dacă se consideră metoda teoriei cuantice actuale ca fiind în principiu definitivă, aceasta înseamnă a renunța la o reprezentare completă a stărilor reale. Putem justifica această renunțare dacă admitem că nu există nici o lege pentru stările reale, astfel încît descrierea lor ar fi de prisos. Altfel spus, aceasta înseamnă: legile nu se raportează la lucruri, ci la ceea ce ne spune observația despre ele. La aceasta nu mă pot alătura. După mine, caracterul statistic al teoriei actuale este condiționat pur și simplu de alegerea unei descrieri incomplete." (Einstein către Besso, 8 octombrie 1952, *Op. cit.*, p. 28 5).

[15] A. Einstein, *Lettres à M. Solovine*, Gauthiers Villars, Paris, 1950, p. 99.

de problema cuantelor, Einstein era convins că o soluție satisfăcătoare a acestei probleme va putea fi obținută doar prin derivarea legilor statistice cunoscute din ecuațiile unei teorii generale a cîmpului. Este interesant de semnalat că dacă în anii cînd a fost elaborată interpretarea de la Copenhaga a mecanicii cuantice Einstein s-a străduit în discuții îndelungate cu susținătorii acestei interpretări, îndeosebi cu Bohr [16], să se explice și să-și convingă oponenții prin argumente, el și-a pierdut cu timpul interesul pentru asemenea activitate dîndu-și seama, se pare, că nu există nici o șansă de a realiza, pe această cale, o apropiere a punctelor de vedere. L. Rosenfeld, un colaborator apropiat al lui Bohr, își amintește că în timpul unei vizite de patru luni pe care au făcut-o împreună la Princeton în 1939, Bohr și Einstein s-au întîlnit o singură dată discutînd doar subiecte banale. „Einstein a lăsat clar să se înțeleagă că vrea să evite orice discuție cu Bohr. Acest fapt l-a întristat profund pe Bohr." [17] Motivația acestei atitudini nu este greu de pătruns. Einstein ajunsese la concluzia că argumentele sale nu pot avea nici o putere asupra minții acelor fizicieni care nu împărtășesc în mod spontan modul său de a înțelege țelul științei teoretice. Erau necesare, pentru a spune așa, fapte, nu vorbe. Einstein își pusese toată nădejdea în aducerea proiectului teoriei unitare a cîmpului pînă la stadiul de teorie ce poate fi testată experimental. Rosenfeld relatează despre o expunere a lui Einstein asupra acestui subiect, la care a asistat, atunci, împreună cu Bohr și-și amintește că la sfîrșitul expunerii vorbitorul a spus răspicat, privindu-l pe Bohr, că speră să derive din ecuațiile sale și condițiile cuantice. În logica aceleiași atitudini se înscrie și modul în care va trata Einstein contribuția atît de elogiată a lui Bohr la volumul *Albert Einstein, filozof și om de știință*, care apare în 1949. Argumentelor subtile și minuțios elaborate ale lui Bohr, ca și contribuțiilor altor fizicieni de seamă, care se întrebau asupra rațiunilor poziției sale negative față de teoria cuan-

---

[16] Pentru o relatare asupra acestor discuții de pe pozițiile lui Bohr, vezi W. Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, Piper Verlag, München, 1969, p. 114—115.

[17] Apud Fr. Herneck, *Einstein und die Atombombe*, în Fr. Herneck, *Einstein und sein Weltbild*, Buchverlag Der Morgen, Berlin, p. 280.

tică, Einstein le răspunde doar prin enunțarea unei profesiuni de credință, prin reafirmarea *credo*-ului său științific, expus deja în biografia sa intelectuală. S-a spus nu o dată că nu a existat un dialog mai înălțător în istoria gîndirii decît cel dintre Bohr și Einstein. Pare o ironie, dar este un fapt că Einstein nu a resimțit discuțiile sale cu Bohr drept un dialog autentic în care fiecare parte învață și înțelege mai bine, ci mai degrabă ca un dialog al surzilor. El nu spera că i-ar putea convinge pe fizicienii din cealaltă tabără sau ar putea fi convins de ei pornind de la lucrurile deja cunoscute. Einstein părea să creadă că, dacă teoria relativității nu a fost în măsură să-i apropie pe fizicienii atomiști de idealul său științific, atunci toată nădejdea stă în realizarea proiectului unei teorii a cîmpului global, menite să unifice toate forțele din natură. Căci dacă aderența la o valoare, în speță la un anumit ideal de cunoaștere, nu va putea fi obținută sub constrîngerea faptelor, ea poate fi în schimb favorizată dacă va fi produsă o probă convingătoare a fertilității sale euristice. Teoria vizată putea să producă tocmai o astfel de probă.

Îndărătnicia lui Einstein în urmărirea proiectului unei teorii generale a cîmpului, care părea să fi luat forma unei obsesii îndeosebi după marile succese ale mecanicii cuantice și realizările obținute în elaborarea unei teorii cuantice a cîmpului, i-a surprins și i-a nedumerit pe mulți fizicieni din generațiile mai tinere și nu numai pe aceștia [18]. Ei considerau doar șansele foarte mici de reușită ale proiectului și nu observau cealaltă față a lucrurilor, și anume că Einstein vedea în el singura cale pe care putea fi înfăptuit țelul pe care l-a

---

[18] Iată, de exemplu, coloratura unei relatări a fizicianului H. Bergman, o veche cunoștință a lui Einstein, despre o conversație în care acesta din urmă istorisea amuzat eșecul tuturor încercărilor de a deriva consecințe testabile din ecuațiile teoriei sale unitare a cîmpului. „'Astfel formula mea a universului este ca o cutie închisă ce nu poate fi deschisă' spunea rîzînd tot timpul și îmi povestea cu desfătare ceea ce îmi apărea mie, ascultătorul, o istorie despre irosirea multor ani din viața sa." (H. Bergman, *Personal Remmembrances of Albert Einsteins* în (eds.) R. S. Cohen, W. Wartofsky, *Logical and Epistemological Studies in Contemporary Physics*, Reidel, Dordrecht, Boston, 1974, p. 293—94.)

urmărit cu deplină consecvență de la începuturile activității sale științifice.[19]

În *Notele autobiografice* și în alte texte cu caracter programatic, Einstein a caracterizat situația fizicii teoretice la începuturile activității sale științifice drept o situație de criză. Succesele teoriei cîmpului a lui Maxwell și lipsa totală de rezultate în încercările de a da o interpretare mecanică acestor ecuații au dus în mod practic, încă la sfîrșitul secolului al XIX-lea, la abandonarea concepției mecaniciste despre mecanică ca bază a fizicii. Cu aceasta fizica și-a pierdut fundamentul unitar pe care se dezvoltase în ultimele două secole. Cercetările fizice s-au desfășurat mai departe pe două baze esențial diferite, fizica particulelor și fizica cîmpului. Lui Einstein această situație i-a apărut de la început ca una provizorie și nesatisfăcătoare. El nu s-a îndoit nici un moment că depășirea dualismului continuu-discontinuu prin construirea unei baze conceptuale unitare trebuie să fie primul țel al activității fizicianului teoretician. Încă de la începuturile carierei sale, Einstein a fost de părere că integrarea efectelor cuantice reprezintă cea mai serioasă încercare pe care trebuie să o treacă tentativele de a deriva toate fenomenele fizice pornind de la o bază conceptuală unitară. Cît timp acest obiectiv nu a fost realizat, nu se poate vorbi de depășirea situației de criză inaugurată la sfîrșitul secolului trecut prin succesele teoriei lui Maxwell. Într-un text consacrat examinării influenței lui Maxwell asupra evoluției concepției despre realitatea fizică, publicat pentru prima dată în 1931, Einstein aprecia că situația cunoașterii fizice rămîne nesatisfăcătoare în măsura în care dualismul ce s-a statornicit o dată cu dezvoltarea cu succes a teoriei cîmpului nu a putut fi încă depășit. Mecanica cuantică nu a rezolvat nimic în această privință, ci, dimpotrivă, a complicat și mai mult lucrurile în măsura în care reprezintă o abatere atît de la programul

---

[19] O excepție notabilă o reprezintă recenta apreciere a lui P.A.M. Dirac: „Putem înțelege punctul de vedere al lui Einstein, dacă ținem seama de faptul că el a avut atît de mult succes cu modificările pe care le-a adus spațiului. Cînd ai avut un succes atît de mare pe o anumită linie de dezvoltare, ai tendința să crezi că trebuie să mergi mai departe în aceeași direcție pentru a rezolva toate problemele." (P.A.M. Dirac, *Einstein and the Development of Physics*, în C. M. Kinnon, A. N. Kholodilin, J. G. Richardson, *The Impact of Modern Scientific Ideas on Society. In Commemoration of Einstein*, D. Reidel, Dordrecht, Boston, London, 1981, p. 22.)

newtonian cît și de la cel maxwellian. Convingerea neclintită a lui Einstein a fost că ceea ce a numit *programul lui Maxwell* — descrierea realității fizice prin cîmpuri ce satisfac ecuații diferențiale parțiale fără singularități — este singura cale pe care va putea fi atins obiectivul unificării cunoașterii [20]. De-a lungul a zeci de ani, el nu a încetat să caute modalități matematice de realizare a programului de unificare a cunoașterii fizice pe baza ideii continuului, asociindu-și, ca asistenți, diferiți tineri matematicieni. În corespondența cu prietenii mai apropiați, atît cît se referă aceasta la activitatea lui științifică, nu mai este vorba decît de speranțele sau decepțiile pe care le trăiește în diferitele etape ale urmăririi acestui proiect [21]. Este clar că în comparație cu perspectiva înfăptuirii proiectului teoriei unitare a cîmpului toate celelalte probleme ale cunoașterii fizice îi apar lui Einstein ca lipsite de însemnătate. Cu timpul el devine însă tot mai conștient de formidabilele dificultăți matematice ce stau în calea transformării programului într-o teorie științifică propriu-zisă prin derivarea din ecuațiile de bază a unor consecințe ce pot fi confruntate cu datele experienței. Într-o scrisoare din 24 iulie 1949, el îi înfățișează lui Besso situația în termenii următori: „De cîțiva ani am găsit, în cele din urmă, generalizarea naturală a ecuațiilor de cîmp ale gravitației și cred că ea va deveni o teorie utilizabilă a cîmpului total. Dar este atît de greu să se calculeze integralele ce figurează aici, încît nu dețin nici un argument pertinent pentru sau contra. Augurii sînt unanim în a declara că matematicile actuale nu ne permit să le dăm de capăt. Eu nu mă dau însă bătut și mă chinui zi și noapte cu această problemă.“[22] În convorbiri și în corespondență, Einstein va deplînge nu o dată că ceea ce i

---

[20] Iată o justificare a acestei convingeri, care datează din ultimul an al vieții sale: „Admit cu toate acestea, ca perfect posibil, ca fizica să nu poată fi întemeiată pe noțiunea de cîmp, adică pe elemente continue. Dar atunci nu va rămîne practic *nimic* din întregul meu eșafodaj — inclusiv teoria gravitației — și de asemenea din fizica actuală.“ *(A. Einstein către M. Besso*, 10 august 1954, în *Op. cit.*, p. 307.)

[21] Einstein i-a spus odată fizicianului Otto Stern: „Am gîndit de o sută de ori mai mult asupra problemei cuantelor decît asupra teoriei generale a relativității.“ Iar la 12 dec. 1951, îi scria lui Besso: „Cincizeci de ani de reflecție conștientă nu m-au apropiat de răspunsul la întrebarea: «Ce sînt cuantele de lumină?». Este adevărat că astăzi oricine crede a cunoaște acest răspuns, dar se înșeală.“ *(Op. cit.*, p. 265.)

[22] *Op. cit.*, p. 238.

se pare atît de clar și de convingător din punct de vedere principial este atît de complicat din punct de vedere matematic [23]. Teoria unitară a cîmpului, recunoaște el, este de fapt un program, nu o teorie. Fizicienii care au puțină înțelegere pentru argumente logico-filozofice", adică nu împărtășesc modul său de a vedea țelurile științei teoretice, nu vor putea fi desigur convinși să acorde atenție proiectului atît timp cît din ecuațiile găsite nu vor putea fi derivate consecințe empiric controlabile. Einstein nu credea că-i va mai fi dat să trăiască un asemenea eveniment [24]. Lui M. Solovine îi scria (25 noiembrie 1948) că nu-și va putea duce pînă la capăt programul. Ideea ce-i stă la bază va fi poate uitată și redescoperită mai tîrziu. Argumentele acelor fizicieni care apreciau că programul însuși este lipsit de perspectivă, Einstein le caracterizează drept „savante și rafinate, dar lipsite de instinct[25] (*instinktlos*)"[25]. El era convins că viitorul mai apropiat sau îndepărtat îi va da dreptate și această apreciere nu mai apare astăzi ca lipsită de orice temei. Într-adevăr, părerile celor mai reputați specialiști cu privire la semnificația acestui program sînt mult mai nuanțate decît cele care au fost exprimate cu trei sau patru decenii în urmă. Este adevărat că în anii '50 programul lui Einstein a fost înțeles în primul rînd ca o expresie a insatisfacției unui cercetător ce credea că orice teorie fizică fundamentală trebuie să ofere o descriere a realității prin legi stricte față de anumite trăsături ale teoriei cuantelor [26], în timp ce în ultima vreme acest program este văzut tot mai mult ca prefigurare a unor preocupări mai recente pentru unificarea cunoașterii fizice. Astfel, Dirac, unul din marii fizicieni ai secolului, privește cu mai multă înțelegere chiar și rezervele lui Einstein față de mecanica cuantică. El se îndoiește de ceea ce mulți fizicieni au considerat incontestabil, și anume că mecanica cuantică ar putea fi calificată drept o teorie pe deplin satisfăcătoare. În acest sens, el

---

[23] În legătură cu generalizarea naturală a ecuațiilor gravitației nu mai am îndoieli, dar sînt incapabil să spun dacă există în acestea ceva adevărat din punct de vedere fizic." (*Einstein către Besso*, 12 decembrie 1951, în *Op. cit.*, p. 265.)

[24] Vezi *Einstein către Besso*, la 22 septembrie 1953, în *Op. cit.*, p. 295.

[25] Vezi A. Einstein, *Op. cit.*, p. 91.

[26] În prelegerile sale Gifford din anii 1956—1957, Heisenberg aprecia, bunăoară, că Einstein ar fi criticat mecanica cuantică de pe poziția „realismului dogmatic".

tinde să-i dea dreptate lui Einstein în controversa lui cu Bohr [27]. A. Salam, unul din teoreticienii care are merite importante în elaborarea programului de unificare a forțelor fizice fundamentale și a adus prin lucrările sale contribuții la unificarea interacțiunilor slabe cu interacțiunile electromagnetice, apreciază într-un text scris, ca și cel al lui Dirac, pentru sărbătorirea a o sută de ani de la nașterea lui Einstein, că proiectul unei teorii unitare a cîmpului, bazată pe geometria spațiu-timpului, ceea ce el numește „ultimul vis al lui Einstein“, s-a dovedit un proiect realist [28].

Dacă primul țel al teoreticianului este, cum crede Einstein, descoperirea unor principii de un înalt nivel de generalitate și de o mare putere unificatoare, ce nu pot fi derivate inductiv prin prelucrarea sistematică a faptelor cunoscute, se pune întrebarea care ar fi criteriul după care se poate călăuzi acesta în căutarea principiilor? Răspunsul pe care îl dă Einstein la această întrebare semnalează o trăsătură importantă a practicii sale de cercetător al naturii și al concepției sale asupra științei teoretice. Criteriul adevărului sau valorii de cunoaștere a unei teorii fizice este pentru creatorul teoriei relativității în primul rînd simplitatea logică a fundamentelor ei — numărul mic al noțiunilor și enunțurilor logic ireductibile — și frumusețea matematică a ecuațiilor ei. În *Notele autobiografice*, el scrie că „o teorie va fi cu atît mai desăvîrșită cu cît «structura» care îi stă la bază va fi mai simplă și cu cît mai cuprinzător va fi grupul față de care ecuațiile cîmpului sînt invariabile“. Acest criteriu de excelență științifică are o justificare profundă. Suportul său este convingerea, în esență metafizică, în raționalitatea, simplitatea

---

27 Vezi P.A.M. Dirac, *Op. cit.*, p. 22—23. „Cred că Einstein s-ar putea să aibă dreptate în cele din urmă, deși nu vom putea să o afirmăm pînă cînd vom obține o mai bună mecanică cuantică decît avem în prezent. O asemenea mecanică cuantică mai bună va fi diferită în fundamentele ei de mecanica cuantică actuală.“

28 Progresele ce s-au făcut în unificarea forței electromagnetice cu forța nucleară slabă deschid perspectiva unificării forțelor nucleare cu forța electromagnetică într-o singură forță, forța electronucleară. „Dar cum rămîne cu visul dintîi al lui Einstein de a unifica forța electromagnetică cu gravitația și cu cel de-al doilea obiectiv al său de a demonstra că noua forță unificată este o manifestare a structurii spațiu-timp? Astăzi ambele visuri par mai aproape de realizare.“ (A. Salam, *Ultimul vis al lui Einstein: unificarea spațio-temporală a forțelor fundamentale*, în A. Salam, *Știința, bun al întregii omeniri*, Editura Politică, București, 1985, p. 155.)

și armonia universului natural, o convingere care îl apropie pe Einstein de Spinoza și constituie una din rațiunile admirației sale pentru acest gînditor. Spre deosebire de Spinoza, Einstein credea însă că nu rațiunea în genere, rațiunea filozofului, ci rațiunea matematică reprezintă facultatea prin care putem pătrunde spre armonie și simplitate. Natura, va spune el, realizează idealul simplității matematice. O asemenea convingere ce poate avea o influență covîrșitoare asupra orientării gîndirii teoretice nu poate să primească însă o întemeiere strict obiectivă, constrîngătoare. Einstein socotește că însușirea ei este în cele din urmă un act de credință. Credința că dincolo de aparențe natura are o alcătuire simplă și o armonie ce pot fi puse în evidență în măsură tot mai mare prin utilizarea instrumentelor gîndirii matematice, s-a exprimat în creația științifică a lui Einstein ca un imbold primar, în mare măsură inconștient. Experiența elaborării teoriei generale a relativității este cea care l-a ajutat să devină conștient de înrîurirea pe care o poate avea o asemenea credință asupra orientării gîndirii teoretice. Fostului său asistent, C. Lanczos, Einstein îi scria (24 ianuarie 1938) că această experiență l-a transformat într-un „raționalist credincios", adică într-un cercetător ce caută sursa demnă de încredere a adevărului în simplitatea matematică precizînd: „A te converti la raționalism este a căuta forma matematică cea mai simplă și a atinge în acest fel frumusețea"[29]. Einstein asemuia credința sa în inteligibilitatea și armonia universului cu acele convingeri morale fundamentale ce dau un sens vieții omenești și încerca să o exprime prin metafore religioase și teologice. Iată un pasaj caracteristic dintr-o scrisoare adresată aceluiași corespondent la 12 martie 1942: „Sînteți singurul om din cîți cunosc care are aceeași atitudine față de fizică ca și mine: credința în înțelegerea realității prin ceva logic simplu și unificat. Pare greu să arunci o privire în cărțile lui Dumnezeu. Dar nu pot să cred un singur moment că joacă zaruri și utilizează «telepatia» (ceea ce vrea să ne facă să credem teoria cuantică contemporană)."[30] Și mai clar se va exprima Einstein într-o scrisoare adresată lui M. Solovine (1 ianuarie 1951): „Nu am găsit o expresie mai bună decît cea de 'religios' pentru această încredere

---

[29] A. Einstein, *Correspondance*, p. 86—87.
[30] *Ibidem*, p. 88.

în alcătuirea rațională a realității, cel puțin într-o anumită măsură accesibilă rațiunii omenești. Acolo unde acest sentiment lipsește, știința degenerează în empirie lipsită de spirit. Puțin îmi pasă dacă popii încearcă să scoată de aici avantaje pentru ei."[31] Ne putem întreba de ce a preferat Einstein să califice o asemenea convingere drept „religioasă". O parte a răspunsului, dacă nu răspunsul ca atare, ar putea fi că el a resimțit armonia rațională a universului pe care o dezvăluie cele mai abstracte teorii fizice drept un miracol, un mister și a asemuit sentimentul de admirație pe care îl stîrnește în sufletul omului de știință contemplarea acestei armonii cu sentimentul de adorație al credinciosului pentru perfecțiunea divină. Einstein a exprimat nu o dată relația dintre trăirea acestui sentiment, pe care îl numea „religie cosmică", și fizica teoretică prin sentința: „Ceea ce rămîne întotdeauna de neînțeles în natură este posibilitatea de a o înțelege". Omul de știință teoretică, spre deosebire de filozoful cu înclinații pozitiviste, scientiste, nu poate crede, așadar, că, o dată cu progresul cunoașterii pozitive, ființa rațională s-ar putea desprinde cu totul de mister[32].

Am stăruit mai mult asupra conturării acestui ideal de cunoaștere și a convingerilor metafizice care îl susțin deoarece credem că vom putea astfel înțelege mai ușor și mai bine acele trăsături ce conferă o atît de marcată originalitate atît acțiunii lui Einstein, ca cercetător al naturii, cît și reflecției sale asupra teoriei fizice și asupra cunoașterii omenești în genere. Amploarea și consecvența fără egal a angajării sale filozofice îl singularizează pe Einstein printre marii creatori de știință ai secolului nostru, îl desparte de

---

[31] A. Einstein, *Op. cit.*, p. 103.

[32] „Găsiți curios că eu consider posibilitatea de a înțelege lumea ca un miracol sau ca un mister etern. Ei bine, *a priori* ne putem aștepta la o lume haotică ce nu poate fi cuprinsă prin nici un fel de gîndire. Am putea să ne așteptăm ca lumea să fie supusă legii numai în măsura în care intervenim noi, cu inteligența noastră ordonatoare. Ar fi o ordine de felul ordinii alfabetice a cuvintelor unui limbaj. Felul de ordine creat de teoria generală a relativității este, dimpotrivă, de cu totul altă natură. Chiar dacă axiomele teoriei sînt formulate de oameni, succesul unei asemenea întreprinderi presupune un înalt grad de ordine a lumii obiective pe care nu am fi cîtuși de puțin îndreptățiți să o așteptăm *a priori*. Acesta este «miracolul» ce se întărește tot mai mult o dată cu dezvoltarea cunoștințelor noastre." *(Einstein către M. Solovine*, 30 martie 1952, în *Op. cit.*, p. 115).

alții într-un fel care ne sugerează izolarea și măreția eroului tragic sau romantic.

Nota eroică poate fi identificată mai întîi în stilul gîndirii și creației științifice. Potrivit unei concepții larg împărtășite de cercetătorii moderni ai naturii, faptele de observație și experimentale constituie nu numai piatra de încercare, ci și sursa oricărei inovații teoretice demne de luat în seamă. Se lasă să se înțeleagă că imaginația teoreticianului ar fi pusă în mișcare și orientată în toate desfășurările ei de datele experienței fizice. Un contemporan celebru al lui Einstein, R. A. Milikan, susținea că cele mai importante progrese ale cunoașterii fizice s-au datorat în primul rînd dezvoltării tehnicilor instrumentale ale cercetării. Această apreciere formulată în autobiografia sa, care a fost publicată în 1950, nu a contrariat pe cei mai mulți dintre colegii săi fizicieni, nici cel puțin pe cei ce se îndeletniceau cu fizica teoretică. Chiar dacă unii dintre ei puteau găsi că o asemenea afirmație era puțin prea netă, ea era în consonanță cu punctul de vedere general acceptat: datele experienței, și mai ales descoperirile experimentale surprinzătoare, sînt în primul rînd răspunzătoare de geneza noilor probleme și idei teoretice. O examinare cît de sumară a cîtorva episoade semnificative din creația teoretică a lui Einstein arată că aceasta nu se conformează unei asemenea scheme familiare. Atît reflecțiile retrospective ale lui Einstein, cît și cercetările mai recente ale istoricilor științei relevă rolul hotărîtor al considerațiilor de principiu în elaborarea teoriei restrînse și generale a relativității.

Așa cum a precizat nu o dată autorul ei, teoria restrînsă a relativității a fost rezultatul strădiuințelor de a împăca principiul relativității mișcărilor uniforme (invarianța legilor naturii în raport cu mișcarea de translație uniformă) cu principiul constanței vitezei mișcării luminii în vid. Aceste principii, amîndouă bine susținute de experiență, nu păreau compatibile unul cu celălalt. Unificarea lor a fost înfăptuită de teoria einsteiniană printr-o modificare a cinematicii, a conținutului fizic a noțiunilor de mișcare, spațiu și timp[33] care a fost în măsură să pună în evidență caracterul arbitrar al reprezentărilor statornicite despre caracterul absolut

---

[33] Iată o exprimare caracteristică a lui Einstein din cărticica sa de expunere populară a teoriei relativității: „Printr-o analiză a conceptelor fizice s-a arătat că în realitate nu există o incompatibilitate a prin-

al spațiului, timpului și simultaneității. Examinînd cele trei memorii publicate de Einstein în al său *annus mirabilis* 1905, memoriile consacrate explicării cuantice a efectului fotoelectric, mișcării browniene și teoriei restrînse a relativității, G. Holton, unul din cercetătorii de frunte ai operei lui Einstein, ajunge la concluzia că ele au, într-o privință, o structură asemănătoare. Toate cele trei texte încep cu semnalarea unei asimetrii în teoriile acceptate, precum și a altor insuficiențe de ordin mai mult estetic. Se propune apoi un nou principiu, de un înalt nivel de generalitate, care elimină aceste asimetrii și permite deducerea unor consecințe verificabile. În fiecare caz Einstein invocă datele experienței nu ca punct de plecare al teoriei pe care o propune, ci pentru a pune în evidență interesul problemei care îl preocupă. Nu se menționează vreun conflict între teorie şi faptele cunoscute. Scopul urmărit pare să fie în primul rînd eliminarea asimetriilor semnalate și explicarea mai simplă a faptelor cunoscute. Articolele cuprind numai experimente mintale[34]. S-a observat adesea că aceste texte fac o notă aparte cu alte texte științifice. Ele sînt scrise într-un stil ce nu seamănă cu cel al altor fizicieni teoreticieni. „Ele conțin foarte puțină matematică. Există mult comentariu verbal. Concluziile, concluziile bizare, decurg cu cea mai mare ușurință; raționamentul este inatacabil. Este ca și cum s-ar fi ajuns la concluziile pe care le conțin prin gîndire pură, fără sprijin, fără a asculta părerile altora. Într-o măsură surprinzător de mare este tocmai ceea ce s-a întîmplat."[35]

Teoria generală a relativității a reprezentat o continuare firească a preocupărilor care au condus la formularea teoriei restrînse a relativității. Tînărul Einstein resimțea drept o insuficiență a teoriei lui Newton faptul că în cadrul acesteia legea gravitației reprezintă un postulat distinct, fără nici o legătură cu celelalte noțiuni mecanice. El și-a pus

---

cipiului relativităţii cu legea de propagare a luminii şi că, dimpotrivă, prin ataşamentul sistematic față de aceste două legi se poate ajunge la o teorie ireproşabilă din punct de vedere logic." Şi mai departe: „Cea din urmă (teoria relativităţii) a luat naştere mai degrabă din electrodinamică, ca o unificare şi generalizare uimitoare a ipotezelor înainte independente pe care s-a clădit electrodinamica."

[34] Vezi G. Holton, *Einstein, Michelson et l'expérience „cruciale"* în G. Holton, *L'invention scientifique. Themata et interprétation*, P.U.F., Paris, 1982, p. 355—56.

[35] C. P. Snow, *Op. cit.*, p. 3.

întrebarea dacă independența legilor naturii față de sistemul de coordonate se limitează la sisteme ce sînt în mișcare de translație uniformă unele în raport cu celelalte. Încrederea în simplitatea naturii l-a condus în mod firesc spre concluzia că o teorie ce privilegiază sistemele inerțiale nu este o teorie satisfăcătoare. Einstein compara mai tîrziu privilegierea sistemului inerțial în fizica lui Newton cu ideea că există un centru al universului, așa cum apare ea bunăoară în fizica lui Aristotel. „Ce are natura comun cu sistemele de coordonate introduse de noi și cu starea lor de mișcare?" se întreba Einstein în articolul *Ce este teoria relativității?* Răspunsul său: „Dacă pentru descrierea naturii este deja necesar să ne folosim de un sistem de coordonate introdus de noi în mod arbitrar, atunci trebuie ca alegerea stării sale de mișcare să nu fie supusă nici unei restricții; legile trebuie să fie cu totul independente de această alegere (principiul general al relativității)." Einstein nu a făcut nici un secret din faptul că tocmai considerațiile de principiu, în primul rînd aspirația spre simplitate și armonie, sînt cele care l-au condus și l-au susținut în eforturile îndelungate care și-au găsit împlinirea prin formularea teoriei generale a relativității. „După ce principiul special al relativității a fost confirmat, oricărui spirit ce năzuiește spre generalizare a trebuit să-i pară atrăgător să îndrăznească pasul spre un principiu general al relativității". Această exprimare impersonală, pe care o găsim îm scrierea lui populară despre relativitate este într-un fel înșelătoare. Căci nici un alt fizician al vremii nu a gîndit în acest fel, și Einstein era pe deplin conștient de acest fapt. L. Infeld își amintește de o discuție cu Einstein din anul 1938. Atunci cînd i-a spus că teoria restrînsă a relativității ar fi devenit cunoscută independent de formularea pe care i-a dat-o în 1905, Einstein a replicat: „Dar teoria generală a relativității ar fi rămas încă necunoscută"[36]. Se poate presupune că tocmai înfăptuirea cu succes a proiectului unei teorii generale a relativității a consolidat încrederea lui Einstein în simplitatea legilor fundamentale ale naturii și a determinat în acest fel orientarea străduințelor sale științifice ulterioare. Se relatează că în ultima sa expunere publică din 1954 el a fost întrerupt atunci cînd și-a reafirmat convingerea că legile fundamentale ale naturii

[36] L. Infeld, *Op. cit.*, p. 50.

trebuie să fie simple, cu întrebarea: „Dar dacă nu sînt simple?" Răspunsul lui Einstein spune totul: „Atunci ele nu mă vor interesa."[37]

În scrierile cu caracter metodologic din a doua parte a vieții sale, cu deosebire în *Notele autobiografice*, Einstein a încercat să dea o formulare convingerilor pe care le-a cîștigat într-o practică științifică îndelungată cu privire la însemnătatea considerațiilor de principiu în progresul cunoașterii teoretice a naturii insistînd asupra greutății ce trebuie să fie acordată cerințelor de simplitate, naturalețe, de „perfecțiune internă" în evaluarea unei teorii științifice. Această temă apare aproape în toate scrierile ce tratează problemele teoriei fizice. Mărturisind că asemenea cerințe au avut întotdeauna un rol hotărîtor în orientarea judecății sale, Einstein recunoaște totodată că ele sînt pe cît de importante, pe atît de greu de precizat[38]. El lasă de altfel să se înțeleagă că încercările de a explica aceste cerințe, de a formula reguli, canoane, nu pot înlocui acel instinct care îi spune teoreticianului că tocmai contribuția pe care o aduce la dezvăluirea ordinii, armoniei și simplității universului natural reprezintă cea mai de preț însușire a unei teorii fizice. O altă față a acestei teme este distincția einsteiniană dintre *teorii constructive* și *teorii de principii*, precum și sublinierea excelenței celor din urmă. Sînt constructive acele teorii fizice care își propun să explice fapte noi prin postularea unor entități, dincolo de nivelul observației. O teorie constructivă este introdusă, de cele mai multe ori, pentru a face față contradicției sistematice dintre teoria acceptată și datele experienței. Dimpotrivă, o teorie de principii explică

---

[37] Vezi J. A. Wheeler, *Op. cit.*, p. 214.

[38] În *Notele autobiografice*, Einstein dă cîteva indicații cu privire la ceea ce are în vedere cînd vorbește de *perfecțiunea internă* a unei teorii fizice, dar recunoaște, totodată, că nu lipsa de spațiu tipografic îl împiedică să facă afirmații mai precise în această privință. Dirac, care a crezut probabil mai mult decît orice fizician după Einstein în frumusețea matematică a ecuațiilor drept criteriu al valorii unei teorii fizice, s-a exprimat într-un mod asemănător: „Ați putea întreba: «De ce trebuie să aibă ecuațiile această mare, frumusețe?» La aceasta nu putem da un răspuns definitiv. Putem să spunem că este un principiu care s-a bucurat de mult succes, cu deosebire în mîinile lui Einstein." (P.A.M. Dirac, *Op. cit.*, p. 53.) Într-adevăr, perfecțiunea internă a teoriei a fost pentru Einstein mai mult un criteriu estetic decît unul logic. El obișnuia să spună: „Pentru un om muzical aceasta este convingător."

de obicei într-un mod nou, pe baza unui principiu de un înalt nivel de generalitate, fapte care sînt explicate deja de alte teorii. Einstein sublinia că sînt necesare doar puține cunoștințe pentru formularea unei teorii de principii de îndată ce au fost determinate condițiile de ordin formal pe care trebuie să le satisfacă ecuațiile ei. Termodinamica clasică, o teorie pentru care Einstein avea cea mai înaltă apreciere[39], ilustrează foarte bine caracteristicile unei teorii de principii. Într-un pasaj important al *Notelor autobiografice* Einstein menționează că termodinamica i-a servit drept model și sursă de inspirație în elaborarea teoriei relativității. Întrebării „Cum trebuie să fie legile naturii pentru a explica imposibilitatea de a construi un *perpetuum mobile* de speța întîi și a doua?", întrebare ce a condus la formularea principiilor termodinamicii, îi corespunde întrebarea „Cum trebuie să fie legile naturii pentru ca să nu existe observatori privilegiați?" Această întrebare conține principiul euristic care l-a orientat pe Einstein în elaborarea teoriei relativității.

Deținem acum cîteve premise pentru a înțelege mai bine ceea ce reprezintă probabil cea mai originală și izbitoare trăsătură a atitudinii și comportării științifice a celebrului cercetător al naturii: refuzul său de a lua în serios noi date de observație sau experimentale de îndată ce ele se dovedesc incompatibile cu teorii ce merită o înaltă apreciere din punctul de vedere al cerințelor perfecțiunii interne. Einstein nu era dispus să dea crezare unor fapte incompatibile cu teorii al căror adevăr îi apărea drept neîndoielnic în lumina considerațiilor de principiu. Atît luările sale de poziție față de evenimentele științifice ale zilei, nu o dată în contradicție cu cele ale opiniei științifice dominante, cît și unele din reflecțiile sale retrospective nu lasă nici o îndoială în această privință.

Iată doar cîteva mărturii. În 1906, la scurt timp după apariția articolului lui Einstein despre relativitate, cercetătorul experimentator W. Kaufmann a publicat un articol ce cuprindea noi rezultate experimentale asupra mișcării electronului, rezultate care erau în contradicție cu teoria

---

[39] „O teorie este cu atît mai impresionantă cu cît simplitatea premiselor ei este mai mare, cu cît sînt mai diferite lucrurile pe care le leagă cu cît este mai cuprinzător domeniul ei de aplicare. Acestui fapt se datorește impresia profundă pe care a făcut-o asupra mea termodinamica clasică." (*Note autobiografice*)

lui Lorentz și a lui Einstein[40]. Discutînd un an mai tîrziu rezultatele lui Kaufmann, Einstein aprecia că este prea devreme pentru a trage din ele concluzii asupra valabilității teoriei relativității. Teoriile alternative asupra mișcării electronului, cele ale lui Abraham și Bucherer, scria el, „au o probabilitate destul de mică, ipotezele lor fundamentale despre masa electronilor în mișcare nefiind explicabile cu ajutorul unor sisteme teoretice susceptibile să acopere un ansamblu mai mare de fenomene“. Este de aceea plauzibil că rezultatele experimentale ale lui Kaufmann au fost viciate de „o eroare sistematică nebănuită“. Va trebui deci să așteptăm verificarea acestor rezultate și indicațiile altor experimente înainte de a decide ceva cu privire la raportul teoriei relativității cu experiența[41]. Și mai concludentă a fost atitudinea pe care a adoptat-o Einstein în legătură cu verificarea prin observații astronomice a uneia din consecințele teoriei generale a relativității, curbura razelor de lumină în cîmpul gravitațional al soarelui.

Încă din martie 1914, informîndu-l pe Besso despre progresele pe care le-a realizat în elaborarea teoriei, Einstein remarca: „Acum sînt pe deplin satisfăcut și nu mă îndoiesc de validitatea întregului sistem, fie că observarea eclipsei solare va reuși, fie că nu. Rațiunea lucrului este prea evidentă.“[42] Ilse Rosenthal-Schneider, care i-a fost studentă la Berlin, relata mai tîrziu că a avut o discuție cu Einstein tocmai în zilele cînd acesta a primit comunicarea lui Eddington cu privire la rezultatele examinării fotografiilor făcute de expediția pe care a organizat-o cel din urmă cu ocazia eclipsei de soare din primăvara anului 1919. În mod firesc ea a fost surprinsă de remarca lui Einstein că era convins mai dinainte de valabilitatea teoriei și l-a întrebat ce ar fi spus dacă rezultatele observațiilor ar fi fost incompatibile

---

[40] H. A. Lorentz, care avea o mare încredere în capacitatea lui Kaufmann, a fost deosebit de afectat de rezultatele acestuia. El ar fi spus: „Din toată munca mea nu s-a ales nimic“. (P.A.M. Dirac, *Op. cit.*, p. 15.)

[41] Apud G. Holton, *Unde este realitatea? Răspunsurile lui Einstein*, în *Știință și sinteză.* Editura Politică, București, 1969, p. 120 — 121. Atitudinea lui Einstein s-a dovedit perspicace. Experiențele au fost repetate peste cîțiva ani și rezultatele lor au fost favorabile modelului Lorentz-Einstein. S-a descoperit că a existat un defect în aparatul folosit de Kaufmann.

[42] *Op. cit.*, p. 32.

cu predicțiile sale. Răspunsul a fost: „Ei bine, mi-ar fi părut foarte rău pentru bunul Dumnezeu: teoria este justă.“[43] În 1921 Einstein îl anunța pe Besso că mulți cercetători au publicat rezultate ce confirmă deplasarea spre roșu a liniilor spectrale din razele de lumină ce vin de la stele îndepărtate, o altă predicție a teoriei generale a relativității și adăuga: „Nici un moment nu m-am îndoit de faptul că va fi așa, în timp ce alții s-au îndoit, oameni care cred că înțeleg teoria relativității.“[44] Merită să fie amintită de asemenea reacția lui Einstein față de cercetările reputatului fizician american D. C. Miller, care a reprodus începînd din jurul anului 1920 vestitul experiment Michelson-Morley la altitudine, pe muntele Wilson, obținînd rezultate pozitive, în contradicție cu teoria relativității. Einstein nu s-a lăsat impresionat de rezultatele pe care le-a publicat Miller în 1925, deși acestea păreau bine asigurate prin numeroase repetări ale experimentului. Lui Besso, el îi scrie la sfîrșitul aceluiași an (25 decembrie 1925): „Cred de asemenea că experiențele lui Miller se sprijină pe erori de temperatură. Nu le-am luat nici un moment în serios.“[45] În sfîrșit, Einstein a comentat în felul următor considerațiile lui E. Freundlich asupra relației teoriei generale a relativității cu datele mai noi ale observației astronomice într-o scrisoare către M. Born din 12 mai 1952: „Freundlich în schimb nu mă mișcă cîtuși de puțin. Chiar dacă nu am cunoaște nici devierea luminii, nici precesiunea periheliului, nici decalajul razelor spectrale, ecuațiile gravitației ar fi la fel de convingătoare, căci ele se lipsesc de sistemul inerțial (această fantomă ce acționează asupra tuturor lucrurilor, dar asupra căreia obiectele nu au nici un efect). Este cu adevărat uimitor că oamenii sînt în

---

[43] Apud G. Holton, *Unde este realitatea?*, p. 122. O remarcă încă și mai șocantă este relatată de E. G. Straus, unul din colaboratorii lui Eintein din ultima perioadă a vieții. Aflînd de moartea lui Planck (1947), Einstein a făcut un sincer elogiu omului, dar a observat în treacăt că acesta „nu a înțeles în fapt fizica“. Rugat să explice o afirmație atît de neașteptată, Einstein a spus: „În timpul eclipsei din 1919 Planck a rămas în picioare toată noaptea pentru a vedea dacă se confirmă curbura luminii în cîmpul gravitațional al soarelui. Dacă ar fi înțeles cu adevărat felul în care explică relativitatea generală echivalența masei inerte și grele, el ar fi putut să se ducă se se culce, cum am făcut eu.“ (E. G. Straus, *Memoir*, în *Einstein, A Centenary Volume*, p. 31.)

[44] *Op. cit.*, p. 97.

[45] *Op. cit.*, p. 127. Și această apreciere a fost ulterior confirmată.

general surzi la argumentele cele mai puternice, în timp ce au întotdeauna tendința de a supraestima precizia măsurătorilor."[46] Așadar, pentru Einstein argumentele cele mai puternice în favoarea unei teorii erau simplitatea ei logică și frumusețea matematică a ecuațiilor ei. Credința lui în raționalitatea și inteligibilitatea universului era de neclintit. Acesta ar putea fi și tîlcul cunoscutei sale sentințe: „Dumnezeu este subtil, dar nu este răutăcios." (*Raffiniert ist der Herr Gott, aber boshaft ist er nicht*)[47]. Einstein nu putea să creadă că o teorie ce se distinge în mod deosebit prin simplitate logică și frumusețe matematică nu este și adevărată.

Nu trebuie însă să credem că el ar fi considerat asemenea argumente drept convingătoare, și cu atît mai puțin drept constrîngătoare pentru fizicianul obișnuit. Iată de ce Einstein acorda o însemnătate deosebită confirmării experimentale chiar atunci cînd era convins din capul locului de adevărul unei teorii pe temeiul perfecțiunii ei interne. Se părea că el făcea o distincție clară între ceea ce îl putea convinge și ceea ce era în măsură să-i convingă pe alții[48]. Există numeroase mărturii că Einstein nu împărtășea de fapt punctul

---

[46] *Op. cit.*, p. 206. Iată și exprimările lui Dirac, care împărtășea punctul de vedere al lui Einstein despre frumusețea matematică drept criteriu suprem al adevărului unei teorii fizice: „Cînd lucra la construcția teoriei sale asupra gravitației, Einstein nu încerca să dea socoteală de anumite rezultate ale observației. Departe de aceasta. Modul lui de a proceda a fost să caute o teorie frumoasă, o teorie de un tip pe care l-ar alege natura. Desigur este nevoie de geniu adevărat pentru a fi în stare să-ți imaginezi cum este natura gîndind în mod abstract asupra ei. Rezultatul unui asemenea mod de a acționa este o teorie de o mare simplitate și eleganță în ideile ei de bază. Ai o credință irezistibilă că fundamentele trebuie să fie corecte independent de acordul ei cu experiența. Dacă se va produce o discrepanță, nu i se va îngădui să intre în conflict cu încrederea în corectitudinea schemei generale." (P.A.M. Dirac, *The Excellence of Einstein's Theory of Gravitation*, în *The Impact of Modern Scientific Ideas on Society*, p. 43—44.)

[47] Secretara lui Einstein, H. Dukas, își amintește că el ar fi pronunțat pentru prima dată aceste cuvinte în 1921, cînd a fost întrebat la Princeton ce crede despre primele rezultate ale lui Miller.

[48] Einstein avea cea mai înaltă părere despre colegii cărora le atribuia capacitatea de a accepta o nouă teorie exclusiv pe baza unor considerații de principiu. Lui A. Sommerfeld îi scria la sfîrșitul anului 1915, cînd ajunsese la elaborarea finală a noii sale teorii: „Veți fi convins de teoria generală a relativității de îndată ce o veți studia. Prin urmare, nu voi spune nici un cuvînt în apărarea ei." În corespondența particulară, Einstein nu ezita să formuleze și aprecieri mai puțin reve-

de vedere larg răspîndit după care teoria restrînsă a relativității și-ar avea originea în rezultatul negativ al experimentului Michelson-Morley[49]. Cu toate acestea, el s-a ferit să dezmintă ideea că teoria relativității ar fi fost elaborată în primul rînd pentru a explica rezultatul negativ al acestui experiment. Este de presupus că Einstein socotea o asemenea prezentare a lucrurilor drept calea cea mai bună pentru a grăbi acceptarea noii teorii în cercurile largi ale fizicienilor. Recunoscînd că sublinierea originii experimentale a teoriei relativității a servit atît în propagarea ei, cît și în apărarea ei de atacuri, Einstein a arătat încă o dată cît era de conștient de deosebirea dintre considerațiile după care se conducea în acceptarea unei teorii fizice și cele care aveau putere de convingere asupra marii majorități a colegilor săi.

Se poate presupune că împotrivirea sau numai rezerva multor cercetători față de teoria relativității exprima în primul rînd lipsa lor de aderență la modul de a practica și de a înțelege știința teoretică a naturii pe care îl propunea creatorul ei. Vorbind despre lucrarea lui Einstein asupra mișcării browniene, W. Nernst, unul din cei mai proeminenți cercetători germani ai epocii, nu s-a sfiit să spună în anii' 20: „Această descoperire a lui Einstein este mai importantă

---

rențioase ce confirmă afirmația de mai sus. Într-o scrisoare către Besso de la sfîrșitul anului 1913, caracterizează astfel atitudinea unor cunoscuți fizicieni teoreticieni față de primele elaborări ale noii sale teorii: „În primăvară voi merge la Lorentz pentru a discuta cu el problema. El se interesează mult de ea și Langevin de asemenea. Laue nu poate fi abordat cînd este vorba de considerații de principiu. Nici Planck; mai degrabă Sommerfeld." *(Op. cit.*, p. 30)

[49] Consacrată prin autoritatea unor fizicieni de prim rang, începînd cu Planck, și intrată în tratate, ideea originii experimentale a teoriei relativității ne este înfățișată ca neproblematică și în scrieri recente: „Cu rezultatul său negativ acest experiment a jucat în întemeierea teoriei relativității același rol fundamental ca și altădată încercările infructuoase de a realiza un *perpetuum mot* în descoperirea legii energiei." (Fr. Herneck, *Siebzig Jahre Relativitätstheorie*, în Fr. Herneck, *op. cit.*, p. 326.) Cercetările istorice conduc totuși la concluzii diferite. Solicitat în ultimii ani ai vieții de fizicianul american R. S. Shankland să se explice în această privință, Einstein a spus că a aflat indirect despre experimentul lui Michelson dintr-o scriere a lui Lorentz și că rezultatul său negativ nu i-a atras în mod deosebit atenția deoarece nu se aștepta la alt rezultat. Einstein nu credea, în general, că un experiment, oricare ar fi el, poate determina o restructurare în fundamentele fizicii de proporțiile celei pe care a reprezentat-o teoria relativității. (Pentru dezvoltări vezi G. Holton, *Einstein, Michelson et l'expérience „cruciale"*.)

decît teoria relativității. Căci teoria relativității este filozofie pe cînd aceasta este singura lui descoperire fizică importantă." [50] Reticența fizicienilor experimentatori față de teoria relativității era cvasigenerală. Printre cei ce nu acceptau teoria erau nume ca W. Roentgen, M. Abraham, Ph. Lenard. Se știe că Einstein nu a primit Premiul Nobel decît destul de tîrziu și nu l-a primit pentru teoria relativității. În documentul oficial al Academiei Regale de Științe din Stockholm (10 decembrie 1922) se menționează că premiul a fost acordat lui Einstein pentru merite în fizica teoretică, în special pentru descoperirea efectului fotoelectric. În primăvara aceluiași an Einstein a vizitat Parisul ca primul savant german invitat în Franța după război. Subiectul expunerilor sale l-a constituit teoria relativității. El a vorbit în fața matematicienilor și filozofilor dar nu și la Societatea fizicienilor (?!)[51]. Și campania împotriva teoriei relativității inaugurată în jurul anului 1920, o campanie ce va fi dominată tot mai mult de motivații politice antisemite o dată cu ascensiunea național-socialismului, are drept temă centrală denunțarea caracterului „speculativ" al teoriei relativității. Se urmărea astfel, evident, cîștigarea adeziunii experimentatorilor, a fizicienilor care lucrau la aplicații, exploatînd reticența lor față de teorii de un nivel foarte înalt de generalitate. Teoriile lui Einstein erau prezentate drept construcții matematice arbitrare ce se situează la antipodul fizicii autentice, a fizicii „germane" sau „ariene", care ar rămîne pe terenul ferm al experienței[52].

Consecvent idealului său științific, Einstein a subliniat cu vigoare rolul creațiilor libere ale imaginației teoretician-

---

[50] L. Infeld, *Op. cit.*, p. 49.

[51] Vezi M. Biezunsky, *Einstein à Paris*, în (ed.) M. Biezunsky, *La recherche dans l'histoire de la science*, Editions du Seuil, Paris, 1983. Autorul observă că dacă partizanii relativității, în frunte cu P. Langevin, lăudau simplitatea și frumusețea teoriei, „majoritatea tăcută" aprecia că teoria nu are o bază experimentală satisfăcătoare. Concluzia autorului: „Einstein a putut să seducă publicul parizian, el nu a convins majoritatea savanților de caracterul bine întemeiat al tezelor sale.", *(Op. cit.*, p. 292.)

[52] Tema apare într-o formă caracteristică în scrierile lui H. Dingler, unul din puținii autori care încearcă să dea o fundamentare epistemologică criticii teoriei relativității. Dingler susține că fundamentul științei trebuie construit numai din enunțuri despre trăiri *(Erlebnisaussagen)* și enunțuri despre acțiuni *(Handlungsaussagen)*. Or, în teoria relati-

nului în cunoașterea naturii[53]. Concepută astfel, ca activitate eminamente creatoare, știința teoretică se apropie mult de artă. Pentru Einstein atît una, cît și cealaltă tind să dezvăluie simplitatea, ordinea, armonia și frumusețea ce se situează dincolo de aparențe. O asemenea perspectivă conferă imaginii sale asupra științei accente pronunțat eroice. Împotriva unui punct de vedere puternic înrădăcinat în tradiția științifică modernă, marele fizician susținea că acumularea unui material faptic cît de bogat nu garantează elaborarea unei teorii reușite. „Căci acest material nu furnizează prin el însuși un punct de plecare pentru o teorie deductivă; sub influența acestui material putem însă găsi un principiu general care ar putea să fie punctul de plecare al unei teorii logice (deductive). Nu există însă nici un drum *logic* ce conduce de la materialul empiric la principiul general pe care se sprijină apoi deducția logică." [54] Concluzia este că aptitudinea de a specula cu îndrăzneală constituie cea mai de preț însușire a omului de știință teoretică. Dar ideile noi, cu adevărat importante, sînt rare. Nici talentul, nici competența, nici tragerea de inimă nu pot să asigure succesul cercetătorului. El poate să eșueze în mod sistematic atît timp cît abordează probleme cu adevărat fundamentale[55].

---

vității „un rezultat experimental singular nu este explicat metodic pornind de la condițiile sale (care nici nu sînt încă cunoscute destul de bine), ci explicat în mod aparent prin acumularea unei mulțimi de principii generale neprobate ca principiul relativității, covarianța, relativitatea timpului, transformări generale Lorentz etc." (H. Dingler, *Die Methode der Physik*, Verlag E. Reinhardt, München, 1938, p. 378.) Dingler critică teoria relativității de pe pozițiile „fizicii fenomenologice", o orientare pe care Einstein a caracterizat-o drept contrară țelului unificării cunoașterii fizice pe baza unui număr tot mai mic de concepte și principii de un nivel tot mai înalt de generalitate.

[53] „Teoreticianul este tot mai mult constrîns să se lase condus în căutarea teoriilor de puncte de vedere pur matematice, formale, deoarece experiența fizică a experimentatorului nu este în măsură să ducă la domeniile de cea mai înaltă abstracție . . . Teoreticianul ce întreprinde așa ceva nu trebuie numit cu mustrare un fantast; trebuie mai degrabă să i se acorde dreptul de a visa, căci pentru el nu există altă cale spre țel. Nu este desigur o visare lipsită de orice orientare, ci o căutare a celor mai simple posibilități din punct de vedere logic și a consecințelor lor." (A. Einstein, *Das Raum-Äther-und Feld-Problem der Physik*, în *Mein Weltbild*, p. 239).

[54] *Einstein către Besso la 20 martie 1952*, în *Op. cit.*, p. 183.

[55] „Pentru cel ce se străduiește să realizeze o operă științifică șansele de a ajunge la un rezultat de valoare sînt foarte slabe, chiar dacă este foarte înzestrat . . . " (A. Einstein, *Correspondance*, p. 77.)

Iată de ce Einstein credea că cercetarea științifică, așa cum o înțelegea el, nu ar trebui să fie o profesie. Ar fi mai bine ca cercetătorul să practice o profesie de utilitate socială, de exemplu, cea de profesor sau de tehnician, pentru a fi eliberat de sentimentul apăsător că nu merită banii pe care îi primește atît timp cît nu reușește să facă noi descoperiri. Einstein susținea, pe jumătate în glumă, pe jumătate în serios, că cercetătorii ar trebui angajați ca paznici la faruri. Astfel ei și-ar cîștiga pîinea printr-o activitate utilă, avînd totodată timpul și liniștea necesară pentru a reflecta. Infeld afirma că Einstein era de fapt singurul om de știință care ar fi fost mulțumit ca paznic de far. Printre colegii săi Einstein îi prețuia cu deosebire pe cei ce se concentrau asupra problemelor de principiu, chiar dacă străduințele lor nu dădeau rezultatele așteptate. Propriile lui realizări (ca și eșecurile de altfel), Einstein la explica prin interesul său pentru probleme de principiu, prin curiozitate neslăbită, prin dorința niciodată satisfăcută de a înțelege mai bine[56].

Ceea ce conferă coerență reflecțiilor lui Einstein despre demersurile cunoașterii teoretice și despre structura și valoarea teoriilor fizice este un punct de vedere mai general cu privire la natura gîndirii conceptuale, un punct de vedere ce este *filozofic* în sensul cel mai restrictiv al cuvîntului. Creatorul teoriei relativității formulează un punct de vedere asupra unor probleme consacrate de tradiția seculară a filozofiei pe temeiul experienței sale originale ca cercetător al naturii, precum și al unei reflecții asupra istoriei fizicii moderne, orientată de învățăminte desprinse din această experiență. Nu este, așadar, de mirare că ideile epistemologice ale lui Einstein, chiar dacă ele vor fi resimțite drept sumare și puțin elaborate în raport cu construcțiile unor mari nume ale teoriei cunoașterii, se impun atenției prin originalitatea lor de netăgăduit. Se poate presupune că el nici

---

[56] Spre sfîrșitul vieții Einstein observa într-o scrisoare către medicul Hans Mühsam: „Curiozitate, obsesie și stăruință încăpățînată m-au condus la gîndurile mele." (Vezi Fr. Herneck, *Einstein's Freundschaft mit Ärzten*, în *Op. cit.*, p. 237.) În același sens Philip Frank citează o observație sugestivă a marelui matematician german D. Hilbert: „Și știți de ce Einstein a fost cel care a spus lucrurile cele mai originale și mai adînci despre spațiu și timp din cele ce s-au spus în vremea noastră? Fiindcă nu a învățat nici filozofia, nici matematica spațiului și timpului." (Ph. Frank, *Op. cit.*, p. 335).

nu s-ar fi oprit asupra unor asemenea probleme dacă experiența sa de cercetător nu i-ar fi sugerat idei noi.

Einstein se desparte de filozofii care ilustrează marea tradiție a teoriei cunoașterii în primul rînd prin considerațiile sale asupra naturii conceptelor și a relației dintre concepte și impresiile senzoriale. El crede mai întîi, în opoziție cu intuiția curentă și cu ceea ce au susținut de cele mai multe ori filozofii, că noțiunile, nu numai cele științifice, ci și cele comune, nu sînt elaborate pornind de la datele cunoașterii senzoriale printr-un proces de abstractizare, ci reprezintă, dimpotrivă, invenții sau creații libere ale minții omului. Altfel spus, ele nu sînt derivate, ci postulate. Dacă punctul de vedere contrar este atît de adînc înrădăcinat, aceasta se întîmplă fiindcă există impresia, adesea inconștientă, că în acest fel poate fi explicată capacitatea acestor noțiuni de a organiza o varietate de experiențe senzoriale și de a ne conduce la cunoașterea unor fapte noi. Einstein crede însă că există o explicație mai simplă și mai firească a corespondenței sistematice dintre noțiuni și impresii senzoriale decît cea genetică, și anume selecția. Selecția a reținut și a promovat acele invenții conceptuale care s-au impus prin capacitatea lor neobișnuită de a coordona și organiza lumea atît de diversă și oarecum haotică a impresiilor senzoriale. Relația noțiunilor, care și-au probat în acest fel utilitatea, cu datele experienței ne apare de aceea drept una naturală. Noțiunile nu au desigur nici o justificare în afara relației lor cu datele simțurilor [57]. Nu există însă nici o probă obiectivă că această relație ar fi una genetică. Dimpotrivă, experiența dezvoltării gîndirii științifice ne arată că aceleași date ale experienței pot fi corelate mai mult sau mai puțin satisfăcător prin sisteme diferite de noțiuni, ceea ce este greu de explicat cît timp rămînem atașați presupunerii familiare că noțiunile iau naștere din datele de observație prin abstractizare. Ceea ce este și mai important, această prejudecată filozofică poate deveni o frînă în calea inovației conceptuale care are o însemnătate vitală pentru progresul cunoașterii

[57] „Căci, deși este sigur că noțiunile nu pot fi deduse prin logică (sau pe altă cale) din experiență și că ele constituie într-un anumit sens creații libere ale spiritului uman (fără de care nici o știință nu este posibilă), totuși noțiunile sînt tot atît de puțin independente de natura trăirilor noastre ca, de exemplu, hainele de corp." (A. Einstein, *Teoria relativității*, Editura Tehnică, București, 1957, p.9.)

fizice [58]. În știință se acordă adesea preferință sistemelor teoretice ce ne permit să cuprindem un domeniu larg de experiențe cu ajutorul unui număr mic de elemente de bază și avem motive să credem că aceleași considerații au dus la selecționarea noțiunilor ce conferă structură gîndirii unor comunități omenești cuprinzătoare. Cum se explică însă succesul sistematic al unor noțiuni în coordonarea și anticiparea experiențelor noastre, precum și faptul că ele pot fi subordonate unor noțiuni cu o putere de cuprindere mai mare, funcționînd mai departe în mod eficient într-un domeniu limitat al experienței ? Singurul răspuns care ne stă la îndemînă este că aceste noțiuni prind în mod aproximativ și imperfect anumite determinări ale realității. Supoziția că înțelegerea semnificației cunoașterii fizice nu poate fi realizată decît printr-o dublă raportare a teoriilor fundamentale la experiența senzorială și la realitatea obiectivă opune tot mai net, pe măsura trecerii timpului, modul de a gîndi al lui Einstein tendințelor antimetafizice dominante.[59]

Din perspectiva unei reflecții independente asupra experienței sale de cercetător al naturii, Einstein se delimitează critic față de marile curente din teoria cunoașterii, integrînd totodată unele dintre motivele lor într-o viziune nouă, personală. Empirismul inductivist și pozitivismul sînt respinse în măsura în care nu recunosc că noțiunile și teoriile științifice sînt creații libere ale imaginației omului de știință, iar convenționalismul și apriorismul radical deoarece nu dau seama de faptul că orice cunoaștere despre natură este sub controlul experienței și că înseși cadrele conceptuale cele mai generale ale gîndirii, care fac posibile experiența, pot fi supuse reconsiderării. Impotriva curentului de gîndire empirist și pozitivist ce domina mediul intelectual în care

[58] Referindu-se la remarcile critice pe care i le-a comunicat Einstein și cu ocazia lecturii *Prolegomenelor* lui Kant, în vara anului **1918**, M. Born nota: „Prin asemenea observații am învățat lipsa de respect pe care trebuie s-o ai față de idei filozofice, dacă vrei să realizezi ceva în fizica teoretică." (M. Born, *Erinnerungen an Einstein*, p. 13.)

[59] Lui M. Schlick, pe care îl socotea continuatorul filozofiei științei a lui Mach, Einstein îi scria la 28 noiembrie 1930: „Să spunem deschis: fizica este încercarea de a construi conceptual un model al *universului real* și al structurilor care îi determină legile . . . Pe scurt, resimt cu durere separația (confuză) dintre realitatea-experienței și realitatea-existenței . . . Veți rămîne surprins de «metafizicianul» Einstein." (Apud G. Holton, *Unde este realitatea?*, în *Op. cit.*, p. 133.)

a trăit, Einstein a dezvoltat o concepție constructivă și în același timp realistă despre cunoaștere. Centrul de greutate al acestei concepții este ideea că nu datele simțurilor, ceea ce ne este dat imediat, ci conceptele și teoriile construite de oameni au o semnificație obiectivă. Realitatea, obiectul cunoașterii fizice, departe de a ne fi date din capul locului în experiență, sînt aproximate în măsură crescîndă prin elaborări teoretice de un nivel tot mai înalt de generalitate. Este un punct de vedere pe care C. Holton îl va numi *realism rațional.* Einstein va susține cu vigoare această poziție, criticînd punctul de vedere larg acceptat, potrivit căruia scopul științei este organizarea convenabilă și anticiparea datelor experienței. Scopul teoriei fizice este să ne ajute „să cunoaștem nu numai *cum* este făcută natura și *cum* au loc operațiile ei, dar de asemenea să ajungem cît mai aproape de acest scop, care este poate utopic de urmărit și în aparență prezumțios: să înțelegem de ce natura este așa, și nu altfel. Aceasta este cea mai mare satisfacție pentru un spirit științific.“ [60] Tendința lui Einstein de a judeca în mod pragmatic principiile epistemologice generale în raport cu fertilitatea orientării pe care sînt în măsură să o dea cercetării naturii apare limpede în judecățile lui doar aparent contradictorii asupra filozofiei lui Ernst Mach.

Einstein a subliniat nu o dată că opera lui științifică de tinerețe, cu deosebire teoria relativității, datorează mult influenței stimulatoare a scrierilor istorico-critice ale fizicianului austriac, îndeosebi lucrării sale de istorie a mecanicii. Într-adevăr punctul de vedere empirist principal — conținutul noțiunilor fizicii va trebui determinat prin raportarea lor la experiență — a putut constitui un prețios imbold și un fir călăuzitor în examinarea critică a fundamentelor fizicii. Pretinsa evidență rațională sau necesitate *a priori* a unor concepte și principii, care au fost utilizate mult timp cu succes în cunoașterea naturii, este înșelătoare. Valabilitatea lor este limitată la un domeniu determinat al experienței noastre. Nu există condiții *a priori* ale oricărei experiențe posibile, cum a susținut Kant. Chiar dacă nu acceptăm ca atare teza empiristă a originii empirice a conceptelor, nu vom tăgădui că ea poate să încurajeze examinarea critică a unor concepte și principii a căror „autoritate ex-

---

[60] Apud G. Holton, *Unde este realitatea?*, în *Op. cit.*, p. 132.

cesivă" stînjenește desfășurarea liberă a imaginației omului de știință. Și tocmai așa s-au petrecut lucrurile în cazul lui Einstein [61]. Creatorul teoriei relativității a utilizat în mod eficient argumentele oferite de filozofia empiristă a cunoașterii, atacînd concepte consacrate de o tradiție îndelungată (spațiu absolut, timp absolut, mișcare absolută, eter, sistem inerțial) pe temeiul că sînt lipsite de conținut fizic. Ca practician al cercetării, Einstein nu a fost niciodată un discipol fidel al lui Mach, un machist ortodox. De la începuturile activității sale științifice, Einstein a fost atras de teoriile ce tindeau spre o unificare cît mai cuprinzătoare a cunoașterii fizice prin introducerea unor principii și concepte ce se îndepărtează tot mai mult de datele experienței, ceea ce l-a situat în opoziție nu numai cu principiile epistemologiei machiste (originea empirică a conceptelor teoretice, caracterizarea enunțurilor teoretice ca simple prescurtări ale datelor senzoriale, considerate drept elemente constitutive de bază ale cunoașterii fizice), dar și cu „orientarea fenomenologică" a cercetării fizice, care era întemeiată pe aceste principii [62]. Atît timp cît a putut exploata valoarea euristică a unor idei machiste, Einstein a pus pe primul plan ceea ce îl apropia de Mach. O asemenea atitudine exprimă foarte bine mentalitatea pragmatică a lui Einstein ca cercetător al naturii. Bunăoară, principiul determinării cîmpului gravitațional de către masa corpurilor, un principiu care a avut un rol important în elaborarea teoriei generalizate a relativității a fost caracterizat de Einstein drept o generalizare a cerinței

---

[61] Sub acest aspect, reputația lui Mach ca precursor al teoriei relativității poate fi sprijinită prin afirmații ale lui Einstein: „Cititorul ghicește deja că eu fac aluzie, aici, cu deosebire la anumite concepte ale teoriei spațiului și timpului și ale mecanicii, care au cunoscut o modificare prin teoria relativității. Nimeni nu poate să răpească teoreticienilor cunoașterii meritul de a fi netezit în această privință căile dezvoltării viitoare; despre mine știu cel puțin că am fost stimulat în mod deosebit, direct sau indirect, de Hume și Mach." (A. Einstein, *Ernst Mach*.)

[62] Este adevărat că Einstein a devenit conștient abia cu trecerea timpului, îndeosebi după elaborarea teoriei generale a relativității, de opoziția radicală dintre țelurile pe care le urmărea în cîmpul cunoașterii fizice și cele formulate de Mach. Cu toate acestea, teza că Einstein ar fi gîndit și acționat la începuturile carierei sale științifice de pe pozițiile unei concepții empiriste și pozitiviste a cunoașterii fizice, teză pe care o acceptă chiar un istoric al științei ca G. Holton, pare greu de susținut dacă considerăm angajarea filozofică pe care o implică începuturile activității sale de cercetător al naturii.

lui Mach de a reduce interacțiunea la masa corpurilor și a fost numit de el *principiul lui Mach*. În acest moment al creației sale științifice, el a mers atît de departe, încît i-a scris lui Mach că vede o legătură între atitudinea critică a lui Planck față de concepțiile acestuia și lipsa de înțelegere a lui Planck față de teoria generală a relativității [63]. Dar tocmai reflecția asupra motivației profunde ce l-a condus în elaborarea teoriei generale a relativității l-a pus pe Einstein în situația de a înțelege tot mai bine adevărata prăpastie ce desparte concepția lui asupra naturii și țelului cunoașterii fizice de cea a omului pe care l-a recunoscut adesea drept mentorul său filozofic. Deja în 1917, Einstein aprecia că Mach „nu poate crea nimic viu, el poate doar elimina ceea ce este putred" [64], pentru ca într-o scrisoare către C. Lanczos, din ianuarie 1938, să exprime cu deplină claritate ceea ce îl desparte de fizicianul austriac: „De la un empirism sceptic, care se apropia mai mult sau mai puțin de cel al lui Mach, problema gravitației m-a făcut un raționalist credincios, adică unul ce caută singura sursă demnă de încredere a adevărului în simplitatea matematică" [65]. Evident, Einstein nu mai credea acum ceea ce îi scria în tinerețe lui Mach. Angajat în elaborarea unei teorii generale a cîmpului, în care vedea o continuare a teoriei generale a relativității, el înțelegea tot mai bine cît de profund și important este ceea ce îl desparte de filozofii pozitiviști ai științei și cît de îndreptățită a fost critica făcută de Planck concepțiilor filozofice ale lui

---

[63] La sfîrșitul unei prime etape de cercetări consacrate elaborării teoriei generale a relativității, Einstein îi scrie lui Mach la 25 iulie 1913: „Anul viitor, cu ocazia eclipsei de soare, se va vedea dacă razele de lumină vor fi curbate lîngă soare, dacă presupoziția fundamentală despre echivalența accelerării sistemului de referință, pe de o parte, și a cîmpului gravitațional, pe de altă parte, se potrivește cu adevărat. Dacă da, genialele dumneavoastră cercetări despre fundamentele mecanicii vor cunoaște o strălucită confirmare, în ciuda criticii neîntemeiate a lui Planck." (Fr. Herneck, *Die Beziehungen zwischen Einstein und Mach dokumentarisch dargestellt*, în Fr. Herneck, *Op. cit.*, p. 143.)

[64] *Einstein către Besso la 13 mai 1917*, în *Op. cit.*, p. 68.

[65] A. Einstein, *Correspondance*, p. 86.

Mach[66]. Ca și pronunțările sale asupra marilor orientări din teoria cunoașterii, judecățile nuanțate și aparent contradictorii ale lui Einstein asupra lui Mach, precum și schimbările de accent din aceste judecăți ce intervin o dată cu trecerea timpului exprimă foarte bine concepția lui originală asupra țelului cunoașterii fizice, o concepție ce s-a cristalizat treptat printr-o reflecție susținută asupra experienței proprii creației științifice.

La capătul acestor dezvoltări, ne putem întoarce la întrebarea de la începutul acestui studiu: cum poate fi explicată puterea de pătrundere cu totul ieșită din comun a ideilor și faptelor unui om care și-a consacrat viața fizicii teoretice în mintea și sufletul semenilor săi, care, în cele mai multe cazuri, nu erau cîtuși de puțin pregătiți pentru a-i înțelege contribuțiile științifice ?

Einstein a trăit într-o epocă în care conștiința însemnătății sociale a aplicațiilor practice ale descoperirilor științifice era deja puternică. Pe măsură ce își afirma cu mai multă autoritate această capacitate, printr-o dezvoltare cumulativă ce contrasta cu cea a altor creații ale spiritului, știința exactă părea să se îndepărteze de filozofie și de cultura umanistă în general. Mulți oameni instruiți erau înclinați să vadă în cercetarea naturii o activitate lipsită de semnificație spirituală majoră, străină în mare măsură năzuinței spre adevăr, bine și frumos. Personalitatea și opera lui Einstein, mai mult decît cea a oricărui cercetător al naturii din secolul nostru, a contrariat și a trezit interesul unui public larg în primul rînd, deoarece a permis să se vadă cît de strîmtă și inadecvată este această imagine prozaică, pedestră asupra cunoașterii pozitive.

Teoria relativității a readus știința teoretică în centrul discuției filozofice. Anul 1919 constituie, din acest punct de vedere, un moment de referință. Fotografiile făcute de două expediții astronomice engleze cu ocazia eclipsei de soare din primăvara acelui an au confirmat o predicție îndrăzneață

---

[66] În anii săi tîrzii Einstein pare să fi uitat că simpatia sa din tinerețe față de motive filozofice empiriste și operaționaliste a avut rațiuni euristice. K. Popper își amintește de o convorbire din anul 1950 în cadrul căreia Einstein a calificat această înclinație drept o „greșeală" și a spus că „nu regretă nici o greșeală pe care a făcut-o atît de mult ca această greșeală". (K. R. Popper, Autobiography, în (ed.) P. A. Schilpp, *The Philosophy of Karl Popper*, La Salle, Illinois, Open Court, 1974, p. 76.)

a teoriei generale a relativității, curbura razelor de lumină în cîmpul gravitațional al soarelui. Einstein, pînă atunci un savant cunoscut doar în cercuri destul de înguste de specialiști, a devenit repede un nume pentru cititorul ziarelor, al revistelor de cultură și al literaturii filozofice[67]. De la anonimatul unui cercetător ale cărui lucrări nu puteau fi înțelese decît de un cerc foarte restrîns și select de oameni, Einstein a ajuns în scurt timp la o celebritate care nu se potrivea deloc cu modul în care se gîndea pe atunci asupra poziției omului de știință în societate[68]. O asemenea audiență neașteptată a unei realizări științifice exprima reacția psihologică a oamenilor obișnuiți pînă atunci să creadă că știința exactă are o sferă de acțiune restrînsă și bine delimitată în fața unei teorii ce propunea idei noi cu privire la teme despre care orice om care gîndește poate crede că are idei clare: natura spațiului, a timpului, a mișcării și a materiei, precum și relațiile dintre ele.[69] Într-adevăr, relativitatea generală a constituit un eveniment științific neobișnuit. Predicțiile unei teorii fizice foarte abstracte, neintuitive au fost confirmate în mod spectaculos de către experiență. Dezvoltarea cunoașterii obiective a scos la lumină și a

---

[67] L. Infeld își amintește că la începutul studiilor sale în fizică, în 1917, auzise doar în treacăt numele lui Einstein, nu știa ce vîrstă are și cu atît mai puțin cum arată. Această situație s-a schimbat repede în anii care au urmat și nu numai pentru cei ce studiau fizica. (L. Infeld, *Op. cit.*, p. 51.)

[68] Numărul ascultătorilor la cursurile lui Einstein a crescut brusc. Cei mai mulți oameni din afara Universității nici nu se întrebau ce predă, ci mergeau pur și simplu să-l vadă. Cel mai mare amfiteatru al Universității Humboldt din Berlin, *Auditorium maximum*, s-a dovedit neîncăpător. La conferințele publice ale lui Einstein asistau uneori mii de oameni. În numai trei ani cărticica lui *Teoria restrînsă și generală a relativității pe înțelesul tuturor*, apărută în 1917, cunoaște 10 ediții. Lista publicațiilor lui Einstein asupra unor teme ce nu au un caracter strict științific începe cu anul 1920.

[69] După 1920, agitația superficială în jurul teoriei relativității a dat naștere nu o dată la efecte grotești. Bunăoară, episcopul de Canterbury, capul bisericii anglicane, a ținut neapărat să discute cu Einstein în vara anului 1921, cu ocazia primei vizite a savantului în Anglia. Episcopul credea că teoria relativității are consecințe capitale pentru teologie și religie și că el este prin urmare dator să o studieze. Chiar și oameni ce se pretindeau instruiți păreau să ignore că relativitatea este o teorie fizică. Ph. Frank își amintește că atunci cînd a fost prezentat ca fizician unui prelat, cu ocazia unei conferințe publice asupra relativității, acesta a exclamat: „Și fizicienii se interesează acum de teoria relativității?“

contrazis obișnuințe de gîndire adînc înrădăcinate. S-a văzut astfel că evidența rațională nu reprezintă pecetea cunoașterii obiective, cum putea să creadă pînă atunci un spirit cartezian. Categorii de bază ale gîndirii, cadre generale ale concepției despre univers au fost puse în discuție într-un mod cu totul neașteptat pentru oamenii timpului. Noua teorie corecta o imagine asupra lumii care a fost statornică cu sute de ani mai înainte prin opera creatorilor științei moderne, a unor genii de talia lui Galilei și Newton. Speculații îndrăznețe răstoarnă așadar reprezentări ce păreau garantate prin firescul și naturalețea lor nu numai pentru conștiința comună, ci și pentru cea filozofică. Consecințele empirice neașteptate derivate din ele pot fi controlate de orice om cu pregătirea necesară. Este o experiență intelectuală răscolitoare, prima dintre cele de acest fel pe care le va prilejui știința secolului nostru. Cercetătorul naturii se impune opiniei culte, mai mult ca oricînd înainte, drept deținătorul cel mai autorizat al cunoașterii cu valoare obiectivă. Faptul că el l-a înlocuit în această demnitate pe filozoful speculativ sau pe teolog apare acum ca o realitate ireversibilă. În mod firesc, se speră că puterea gîndirii științifice, a geniului științific care o personifică, va putea fi pusă în valoare și în problemele omenești. După ce în marile culturi ale trecutului oamenii instruiți au gîndit asupra vieții conducîndu-se în primul rînd după filozofii cu autoritate bine statornicită, ei așteptau acum să afle ce lumină ar putea să arunce un mod de gîndire care a produs rezultate atît de impresionante în cunoașterea naturii asupra unor chestiuni ce se pun oricărui spirit ce gîndește asupra sensului existenței.

Rezonanța filozofică a teoriei relativității a fost, fără îndoială, considerabil amplificată de forța personalității lui Einstein, de sensibilitatea lui morală neobișnuită. Acțiunile și opiniile lui în probleme de interes general au avut un ecou deosebit de puternic într-o lume care fusese deprinsă să gîndească că oamenii de știință nu ar avea nimic deosebit de spus în probleme ce depășesc limitele înguste ale domeniului lor de specialitate. Einstein a sfidat concepția larg împărtășită potrivit căreia omul de știință ar trebui să păstreze o rezervă prudentă în chestiunile de interes public. El a

calificat-o ca falsă, ipocrită și dăunătoare[70]. Einstein nu credea că există vreo autoritate spirituală superioară, în speță una intelectuală, acolo unde lipsește curajul moral. Mai puțin încrezător în virtuțile reformelor sociale, el își lega speranțele într-o lume mai bună în primul rînd de credința în puterea de influențare a exemplului oamenilor care acționează fără reținere și teamă pentru afirmarea idealului lor de viață. Nădejdea că ar putea pune prestigiul neobișnuit al științei în slujba cauzelor în care credea a fost imboldul hotărîtor pentru ieșirea în viața publică a unui om care nu iubea publicitatea și celebritatea. Pentru Einstein valorile morale erau deasupra tuturor valorilor. Viața lui a fost o vie dezmințire a temerilor celor ce pot să creadă că „gîndirea obiectivă diminuează în mod necesar sensibilitatea morală", cum s-a exprimat un cunoscut cercetător contemporan. Rolul său în viața publică l-a văzut în primul rînd în denunțarea nedreptății, violenței și primatului forței, în apărarea celor slabi și asupriți. Cei care i-au admirat curajul și luciditatea au văzut în el „conștiința lumii". Ceea ce susținea în primul rînd numeroasele angajări ale lui Einstein ca adversar al războiului sau al oricărei forme de pragmatism tehnologic, ca apărător al unor minorități asuprite, nu era atît o conștiință rece a responsabilității, a datoriei morale, cît un sentiment profund al solidarității cu toate făpturile omenești și cu întreaga fire. Lui Einstein i se potrivește fără îndoială inspirata formulare a lui Tudor Vianu: „Este clasic omul care trăiește în îndoita conștiință a dependenței sale față de totalitatea forțelor materiale și spirituale ale lumii și a individualității sale puternice și mîndre." Încă din tinerețe Einstein a resimțit cu acuitate cît de mult datorează orice individ, fie el cît de dotat și independent, celor ce muncesc

[70] Denunțînd prejudecata că spiritul creator ar trebui să se țină departe de frămîntările vieții, Einstein îi scria lui M. von Laue în mai 1933: „Unde am fi dacă oameni ca Giordano Bruno, Spinoza, Voltaire și Humboldt ar fi acționat în acest fel ?"

în jurul lui, ca și spiritelor creatoare din generațiile trecute. Atît strădaniile lui științifice, cît și angajarea sa în viața publică poartă pecetea trăirii intense a nevoii de a oferi ceva oamenilor cărora știe că le datorează atît de mult. Unui prieten din tinerețe, Einstein îi spunea: „Viața mea interioară și exterioară depinde atît de mult de munca celorlalți încît trebuie să fac un efort extrem pentru a da atît de mult cît am primit. „În ultima parte a vieții sale, Einstein tindea să ridice această experiență personală la rangul unui principiu general. Adresîndu-se educatorilor, el spunea: „Trebuie să ne ferim a predica tinerilor ca scop al vieții succesul în sensul curent al termenului. Un om cu succes este cel care primește mult de la semenii săi, de obicei incomparabil mai mult decît echivalentul serviciilor făcute de el acestora. Valoarea unui om trebuie văzută în ceea ce dă și nu în ceea ce este capabil să primească." Marele cercetător a admirat cel mai mult oamenii care se angajau pentru țeluri impersonale, ridicîndu-se deasupra prejudecăților mediului în care au fost educați, pregătiți să înfrunte riscurile unei asemenea angajări și chiar gata de sacrificiu fără gestul măreț al martirului. Eroii lui Einstein erau M. Gandhi și A. Schweitzer.

Fascinația pe care au exercitat-o ideile și inițiativele lui Einstein asupra oamenilor înclinați spre reflecție exprimă fără îndoială impresia puternică pe care o produce atît integritatea omului, cît și integritatea gîndirii sale. Idealul de cunoaștere atît de personal al lui Einstein nu poate fi despărțit de idealul său de viață și de umanitate. Sensul suprem al existenței individuale era pentru el dezvoltarea deplină a aptitudinilor și facultăților creatoare ale individului, exercitarea lor liberă în folosul colectivității. „Scopul trebuie să fie dezvoltarea unor indivizi caracterizați prin acțiune și gîndire independentă, care văd însă menirea supremă a vieții lor în slujirea obștei." Idealul unei societăți umane este idealul societății ce încurajează și sprijină năzuința membrilor ei de a participa prin efortul creator al imaginației la dezvăluirea ordinii, armoniei și frumuseții existenței, precum

și la contemplarea lor dezinteresată. Ph. Frank ne spune că Einstein căuta armonia universalului în același fel în fizică, ca și în muzica lui Mozart și Bach.

Independent de posteritatea opțiunilor sale științifice și filozofice, Einstein rămîne un simbol pentru acele strădiunțe care conferă secolului nostru un loc distinct în tradiția culturală a umanității. Prin acțiunea lui, mai mult decît prin cea a oricărei alte personalități creatoare, reflecția asupra țelurilor și căilor cunoașterii naturii devine una conștient filozofică și se integrează într-o concepție mai cuprinzătoare asupra condiției umane și a sensului vieții. Prin Albert Einstein se inaugurează o nouă eră în dialogul dintre știința naturii și lumea valorilor spirituale.

Format carte 16/54×84. Coli tipar 21

Întreprinderea poligrafică „ROMCART“ S.A.
Bucureşti ROMÂNIA

MAURICE SOLOVINE
Prietenia cu Albert Einstein

L-am iubit şi l-am admirat pentru marea lui bunătate, originalitatea spiritului şi nemărginitul său curaj. Avea un simţ al dreptăţii neobişnuit de dezvoltat. Spre deosebire de majoritatea aşa-zişilor intelectuali, a căror sensibilitate morală este în mod fatal ştirbită, Einstein şi-a ridicat neobosit glasul împotriva oricărei nedreptăţi şi violenţe. El va trăi mai departe în amintirea generaţiilor viitoare nu numai ca un genial om de ştiinţă, de un format cu totul ieşit din comun, ci şi ca un om care a întruchipat cele mai înalte idealuri morale

THOMAS MANN
La moartea lui Albert Einstein

Se va pune oare la îndoială că mîhnirea stîrnită de funesta evoluţie a lumii şi de ameninţătoarele orori la care, fără nici o vină,a contribuit prin ştiinţa lui i-au sporit suferinţa trupească sau chiar i-au provocat-o şi i-au scurtat viaţa? El a fost însă omul care, în momentele supreme, s-a opus fatalităţii sprijinindu-se pe autoritatea sa devenită aproape mistică. Şi dacă astăzi ştirea morţii sale provoacă jale şi unanimă consternare, aceasta este o manifestare a sentimentului iraţional că simpla lui existenţă ar fi fost în măsură să bareze calea celei din urmă catastrofe. Cu Albert Einstein a încetat din viaţă un salvator al onoarei omenirii, al cărui nume nu va apune nicicînd.

HUMANITAS

Lei 250

ISBN 973-28-0193-X